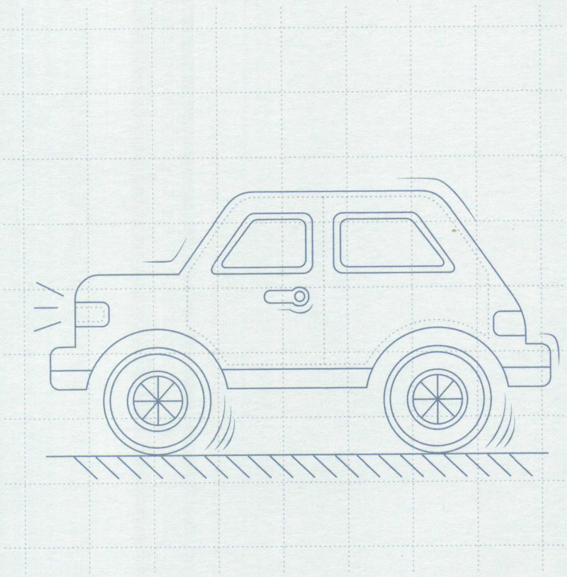
小猿书社

傅雪平 编著

满分之路

搞定高考物理选择题

攻克高考物理选择题，这一本就够了！



高中物理

PHYSICS

沈阳出版发行集团
沈阳出版社

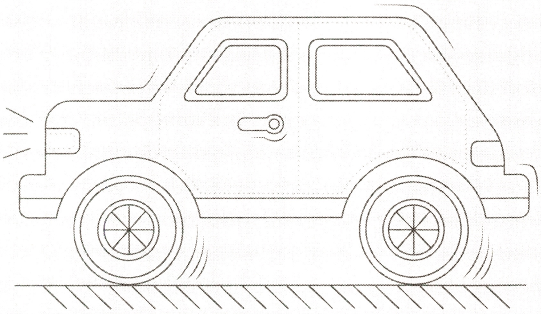
小猿书社

傅雪平 编著

满分之路

搞定高考物理选择题

攻克高考物理选择题，这一本就够了！



高中物理

PHYSICS

沈阳出版发行集团

沈阳出版社

目录

专题一　质点的直线运动

考点 1　运动的基本概念 …… 1
考点 2　用极限法求瞬时速度 …… 1
考点 3　单个运动过程问题 …… 1
考点 4　多个运动过程问题 …… 2
考点 5　单个物体直线运动的 $v-t$ 图象 …… 2
考点 6　单个物体直线运动的 $v-x$ 图象 …… 3
考点 7　水平刹车与沿粗糙斜面上滑 …… 3
考点 8　竖直上抛运动与沿光滑斜面上滑问题 …… 3
考点 9　单个物体的非匀变速直线运动 $v-t$ 图象 …… 4
考点 10　多物体的匀变速直线运动 …… 4
考点 11　多物体做匀变速直线运动的 $v-t$ 图象 …… 5
考点 12　多物体做匀变速直线运动的 $x-t$ 图象 …… 5
考点 13　多物体非匀变速直线运动的 $v-t$ 图象 …… 6
考点 14　用图象法解题 …… 6

专题二　相互作用

考点 1　力的分析 …… 13
考点 2　力的运算 …… 13
考点 3　摩擦力的大小 …… 14
考点 4　摩擦力的方向 …… 14
考点 5　与绳子有关的平衡问题 …… 14
考点 6　与接触面相关的平衡问题 …… 15
考点 7　与轻杆相关的平衡问题 …… 15
考点 8　与滑环相关的平衡问题 …… 15
考点 9　与斜面相关的平衡问题 …… 16
考点 10　弹簧连接体的平衡 …… 16
考点 11　绳子连接体的平衡 …… 17
考点 12　叠加体的平衡问题 …… 17
考点 13　图解法解动态平衡问题 …… 17

专题三　牛顿运动定律

考点 1　力与运动的关系 …… 25
考点 2　牛顿第二定律 …… 25
考点 3　牛顿第二定律中的斜面问题 …… 25
考点 4　等时圆模型 …… 26
考点 5　已知运动求力的动力学问题 …… 26

考点 6　已知力求运动的动力学问题 …… 27
考点 7　瞬时性问题 …… 27
考点 8　超、失重问题 …… 27
考点 9　单物体多过程问题 …… 28
考点 10　多物体多过程问题 …… 28
考点 11　动力学中的 $a-t$ 图象 …… 29
考点 12　加速度相同的连接体问题 …… 29
考点 13　加速度不同的连接体问题 …… 30
考点 14　与弹簧有关的动力学问题 …… 30
考点 15　与传送带有关的动力学问题 …… 31
考点 16　动力学中的分离临界问题 …… 31

专题四　曲线运动

考点 1　曲线运动的轨迹 …… 39
考点 2　小船渡河问题 …… 39
考点 3　小船靠岸问题 …… 40
考点 4　平抛运动规律的理解 …… 40
考点 5　平抛运动的临界问题 …… 41
考点 6　与斜面有关的平抛运动 …… 41
考点 7　类平抛运动 …… 42
考点 8　多个物体的平抛运动 …… 42
考点 9　斜抛运动的处理 …… 43
考点 10　匀速圆周运动的运动学分析 …… 43
考点 11　匀速圆周运动的动力学分析 …… 44
考点 12　传动问题分析 …… 44
考点 13　匀速圆周运动的临界问题 …… 45
考点 14　绳球模型 …… 46
考点 15　杆球模型 …… 46

专题五　万有引力与航天

考点 1　地球内部重力加速度随深度的变化 …… 54
考点 2　地球表面重力加速度随纬度的变化 …… 54
考点 3　地球外部重力加速度随高度的变化 …… 54
考点 4　公转模型 …… 55
考点 5　自转模型 …… 55
考点 6　双星模型 …… 56
考点 7　黑洞模型 …… 56
考点 8　“拉格朗日点”问题 …… 56
考点 9　根据万有引力与重力的关系进行估算质量 …… 57
考点 10　根据万有引力与向心力的关系进行估算质量 …… 57
考点 11　一个中心天体两颗卫星的参数比较 …… 57

考点 12　两个中心天体两颗卫星的参数比较 …… 58
考点 13　近地卫星 …… 58
考点 14　同步卫星 …… 59
考点 15　自转物体、近地卫星与同步卫星的比较 …… 59
考点 16　卫星的对接 …… 60
考点 17　卫星的变轨 …… 60
考点 18　两星相距最近最远问题 …… 61

专题六　机械能及其守恒定律

考点 1　恒力做功的计算 …… 68
考点 2　变力做功的计算 …… 68
考点 3　瞬时功率与平均功率 …… 69
考点 4　机车启动问题 …… 69
考点 5　用动能定理解决多过程问题 …… 70
考点 6　用动能定理求变力做功 …… 70
考点 7　用功能原理解题 …… 71
考点 8　功能关系中的斜面模型 …… 71
考点 9　一对静摩擦力对系统功能的影响 …… 71
考点 10　一对动摩擦力对系统功能的影响 …… 72
考点 11　通过绳子相连的系统功能问题 …… 73
考点 12　通过杆子相连的系统功能问题 …… 73
考点 13　弹簧问题中的功能问题 …… 74
考点 14　功能关系中的极值问题 …… 74

专题七　电场

考点 1　库仑定律的理解 …… 84
考点 2　库仑定律与物体的平衡 …… 84
考点 3　三个孤立共线点电荷的平衡规律 …… 85
考点 4　电场的叠加 …… 85
考点 5　对称法求电场问题 …… 86
考点 6　极限法求电场问题 …… 86
考点 7　补偿法求电场问题 …… 87
考点 8　电场的能量特性 …… 87
考点 9　带电粒子在电场中运动的轨迹问题 …… 88
考点 10　点电荷电场模型 …… 88
考点 11　一对等量同种点电荷电场模型 …… 89
考点 12　一对等量异种点电荷电场模型 …… 89
考点 13　带电平板电场模型 …… 90
考点 14　匀强电场模型 …… 90
考点 15　$\varphi-x$ 图象 …… 91
考点 16　$E-x$ 图象 …… 91

考点 17　电偶极子模型 …… 92
考点 18　静电感应 …… 92
考点 19　电容器 …… 93
考点 20　带电粒子做直线运动 …… 93
考点 21　带电粒子在交变电场中的运动 …… 93
考点 22　带电粒子做偏转运动 …… 94
考点 23　带电粒子在重力场与电场中的运动 …… 94

专题八　恒定电流

考点 1　电流的产生 …… 103
考点 2　冷热电阻问题 …… 103
考点 3　非线性元件的电阻计算 …… 103
考点 4　电阻定律的应用 …… 104
考点 5　电表的改装 …… 104
考点 6　闭合电路欧姆定律的综合应用 …… 105
考点 7　电源电动势和内电阻的测量 …… 105
考点 8　两类 $U-I$ 图线的组合问题 …… 105
考点 9　电压表电流表读数的变化 …… 106
考点 10　电源功率与效率的动态变化 …… 106
考点 11　电容电路问题 …… 107
考点 12　电动机问题 …… 108
考点 13　电路故障问题 …… 108

专题九　磁场

考点 1　磁场及地磁场 …… 114
考点 2　磁感应强度的叠加 …… 114
考点 3　通电导线受到的安培力 …… 115
考点 4　通电导线在磁场中的平衡 …… 115
考点 5　通电导线在磁场中的运动 …… 116
考点 6　带电粒子在磁场中的圆周运动 …… 116
考点 7　粒子源问题 …… 117
考点 8　带电粒子在磁场中运动的极值问题 …… 117
考点 9　带电粒子在电磁组合场中的运动 …… 118
考点 10　带电粒子在复合场中的运动 …… 118
考点 11　速度选择器 …… 119
考点 12　质谱仪 …… 119
考点 13　回旋加速器 …… 120
考点 14　霍尔效应 …… 120

专题十　电磁感应

考点 1　楞次定律的应用 …… 130
考点 2　右手定则的应用 …… 130
考点 3　两次感应问题 …… 131
考点 4　感生电路问题 …… 131
考点 5　动生电路问题 …… 132
考点 6　法拉第圆盘发电机 …… 132
考点 7　自感电路问题 …… 133
考点 8　感生问题中的能量转化 …… 133
考点 9　动生问题中的能量转化 …… 134
考点 10　感生问题中的力学问题 …… 134
考点 11　单棒问题中的力学问题 …… 135
考点 12　双棒问题中的力学问题 …… 135
考点 13　电容器与电磁感应电路 …… 136
考点 14　感生问题中的图象 …… 137
考点 15　动生问题中的图象 …… 137

专题十一　交变电流

考点 1　交流电的产生 …… 147
考点 2　交流的描述 …… 147
考点 3　电容器对交流电的作用 …… 148
考点 4　变压器原理与规律 …… 148
考点 5　变压器的动态分析 …… 148
考点 6　原线圈电路有电阻的变压器电路 …… 149
考点 7　远距离输电 …… 149

专题十二　动量守恒定律

考点 1　动量概念 …… 156
考点 2　蹦极问题 …… 156
考点 3　高空坠物问题 …… 156
考点 4　连续体问题 …… 157
考点 5　碰撞问题 …… 157
考点 6　反冲问题 …… 158

专题十三　原子物理

考点 1　光电效应的规律分析 …… 165
考点 2　光电效应的电路分析 …… 165
考点 3　光电效应的图象分析 …… 166
考点 4　波粒二象性 …… 166
考点 5　原子的核式结构 …… 167
考点 6　原子的跃迁 …… 167

考点 7　原子的电离 …… 167
考点 8　天然放射现象 …… 168
考点 9　核反应 …… 168
考点 10　核能的计算 …… 169

专题十四　热学

考点 1　物质由大量的分子组成 …… 174
考点 2　扩散现象、布朗运动与分子热运动 …… 174
考点 3　分子间存在着相互作用的引力和斥力 …… 174
考点 4　分子势能 …… 175
考点 5　固体、液体的性质 …… 175
考点 6　气体的压强 …… 175
考点 7　气体实验定律 …… 176
考点 8　理想气体状态方程的应用 …… 176
考点 9　气体状态变化的图象问题 …… 176
考点 10　热力学第一定律 …… 177
考点 11　热力学第二定律 …… 177
考点 12　气体实验定律与热力学第一定律的综合 …… 178

专题十五　机械振动　机械波

考点 1　简谐运动——弹簧振子 …… 184
考点 2　简谐运动——单摆 …… 184
考点 3　简谐运动的图象 …… 185
考点 4　受迫振动和共振 …… 185
考点 5　波的传播特性 …… 186
考点 6　波的周期性 …… 186
考点 7　双向波问题 …… 187
考点 8　由振动图象来画波动图象 …… 187
考点 9　振动图象与波动图象的配合 …… 188
考点 10　波的叠加 …… 188
考点 11　波的干涉 …… 189
考点 12　波的衍射 …… 189

专题十六　光学　电磁波　相对论

考点 1　光的反射 …… 197
考点 2　光的折射 …… 197
考点 3　光的全反射 …… 198
考点 4　光导纤维 …… 198
考点 5　光的色散 …… 199
考点 6　光的干涉 …… 199
考点 7　光的偏振 …… 200
考点 8　电磁场、电磁波及相对论 …… 200

答案与解析目录

专题一　质点的直线运动 …… 207

专题二　相互作用 …… 210

专题三　牛顿运动定律 …… 215

专题四　曲线运动 …… 219

专题五　万有引力与航天 …… 224

专题六　机械能及其守恒定律 …… 229

专题七　电场 …… 233

专题八　恒定电流 …… 237

专题九　磁场 …… 240

专题十　电磁感应 …… 245

专题十一　交变电流 …… 249

专题十二　动量守恒定律 …… 252

专题十三　原子物理 …… 256

专题十四　热学 …… 258

专题十五　机械振动　机械波 …… 261

专题十六　光学　电磁波　相对论 …… 266

专题一　质点的直线运动

典例剖析

考点 1　运动的基本概念

【例 1】某驾驶员使用定速巡航，在高速公路上以时速 110 公里行驶了 200 公里，其中“时速 110 公里”“行驶 200 公里”分别是指(　　)

A. 速度、位移　　B. 速度、路程

C. 速率、位移　　D. 速率、路程

解析

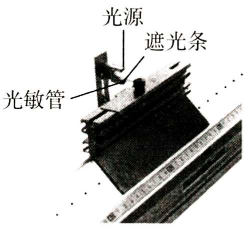
答案：D

解析：由题意知，“时速 110 公里”指的是速率，“行驶 200 公里”指的是行驶路线长度，即路程，故选项 D 正确。

感悟方法：物理学中的物理量有标量与矢量之分，位移、速度、加速度等是矢量，路程、速率、时间等是标量。

考点 2　用极限法求瞬时速度

【例 2】如图所示，气垫导轨上滑块经过光电门时，其上的遮光条将光遮住，电子计时器可自动记录遮光时间 Δt，测得遮光条的宽度为 Δx，用$\frac{\Delta x}{\Delta t}$近似代表滑块通过光电门时的瞬时速度。为使$\frac{\Delta x}{\Delta t}$更接近瞬时速度，正确的措施是(　　)



A. 换用宽度更窄的遮光条　　B. 提高测量遮光条宽度的精确度

C. 使滑块的释放点更靠近光电门　　D. 增大气垫导轨与水平面的夹角

解析

答案：A

解析：$\frac{\Delta x}{\Delta t}$表示的是 Δt 时间内的平均速度，遮光条的宽度 Δx 越窄，则记录的遮光时间 Δt 越小，$\frac{\Delta x}{\Delta t}$越接近滑块通过光电门时的瞬时速度，选项 A 正确。

感悟方法：由平均速度公式 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$可知，当 Δx、Δt 都非常小，趋向于极限时，这时的平均速度就认为是某一时刻或某一位置的瞬时速度。

考点 3　单个运动过程问题

【例 3】一物体做匀加速直线运动，通过一段位移 Δx 所用的时间为 t_1，紧接着通过下一段位移 Δx 所用时间为 t_2。则物体运动的加速度为(　　)

A. $\frac{2\Delta x(t_1-t_2)}{t_1t_2(t_1+t_2)}$　　B. $\frac{\Delta x(t_1-t_2)}{t_1t_2(t_1+t_2)}$　　C. $\frac{2\Delta x(t_1+t_2)}{t_1t_2(t_1-t_2)}$　　D. $\frac{\Delta x(t_1+t_2)}{t_1t_2(t_1-t_2)}$

●解析

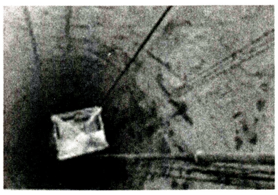
答案:A

解析:第一个 Δx 内平均速度 $v_1=\frac{\Delta x}{t_1}$,第二个 Δx 内平均速度 $v_2=\frac{\Delta x}{t_2}$,则物体的加速度 $a=\frac{v_2-v_1}{\frac{t_1+t_2}{2}}=\frac{2\Delta x(t_1-t_2)}{t_1t_2(t_1+t_2)}$,选项 A 正确。

感悟方法:解决简单的单过程问题,只要根据运动的基本规律求解即可。

考点 4 多个运动过程问题

【例 4】如图所示,竖井中的升降机可将地下深处的矿石快速运送到地面。某一竖井的深度为 104 m,升降机运行的最大速度为 8 m/s,加速度大小不超过 1 m/s^2,假定升降机到井口的速度为 0,则将矿石从井底提升到井口的最短时间是(　　)



A. 13 s　　B. 16 s

C. 21 s　　D. 26 s

●解析

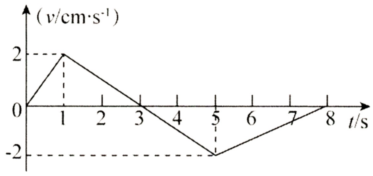
答案:C

解析:升降机在竖井中运动分成三个阶段:先匀加速启动,再匀速运动,最后匀减速运动到井口。匀加速过程的最短时间 $t_1=\frac{v}{a}=8$ s,位移 $x_1=\frac{1}{2}at_1^2=32$ m,匀减速过程与匀加速过程对称,时间 $t_3=8$ s,位移 $x_3=32$ m,匀速过程的位移 $x_2=(104-32-32)$ m$=40$ m,时间 $t_2=\frac{x_2}{v}=5$ s,故总时间 $t=t_1+t_2+t_3=21$ s,则选项 C 正确。

感悟方法:对于单个物体的多过程问题,只要将多过程分为几个"子过程",对每一个过程列式,然后综合求解即可。要特别注意前一过程的末速度就是下一过程的初速度。

考点 5 单个物体直线运动的 $v-t$ 图象

【例 5】质点做直线运动的 $v-t$ 图象如图所示,规定向右为正方向,则该质点在前 8 s 内平均速度的大小和方向分别为(　　)



A. 0.25 m/s　向右　　B. 0.25 m/s　向左

C. 1 m/s　向右　　D. 1 m/s　向左

●解析

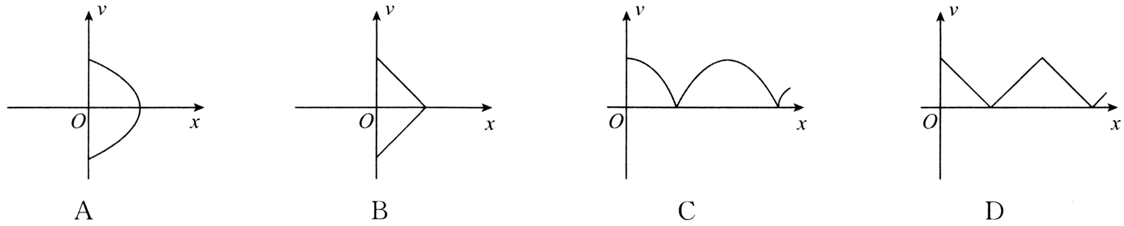
答案:B

解析:解本题的关键是要清楚地理解 $v-t$ 图象中"面积"的物理意义,即 $v-t$ 图象中"面积"表示某段时间内的位移。本题 $v-t$ 图象中的"面积"$s=3$ m-5 m$=-2$ m,平均速度是质点的位移与发生这段位移所用时间 Δt 的比值,前 8 s 内的平均速度是 $v=-0.25$ m/s. 所以,前 8 s 内的平均速度大小是 0.25 m/s,方向向左,B 正确。

感悟方法:从速度一时间图象中我们可以知道物体的运动方向(速度的正负)、运动的位移(图象的面积)以及加速度(图线的斜率)等等。

考点 6　单个物体直线运动的 $v-x$ 图象

【例 6】小球从一定高度处由静止下落，与地面碰撞后回到原高度再次下落，重复上述运动，取小球的落地点为原点建立坐标系，竖直向上为正方向，下列速度 v 和位置 x 的关系图象中，能描述该过程的是（　　）



●解析

答案：A

解析：由题意知，小球在下落的过程中速度方向向下，与题目中规定的正方向相反，为负值，C、D 错；小球的运动为匀变速运动，依据 $v^2-v_0^2=2ax$ 可知速度与位移的关系为二次函数，故 A 对，B 错。上半段为上升过程。

感悟方法：对于图象，我们可以运用"数形结合"的思想，本题先由运动学规律列出函数表达式，然后与图象"对照"是典型的以数助形的方法。

考点 7　水平刹车与沿粗糙斜面上滑

【例 7】一辆汽车在平直公路上做刹车实验，$t=0$ 时刻起开始刹车，刹车过程的位移大小 x 与速度大小 v 的关系为 $x=10-0.1v^2$(m)，下列分析正确的是（　　）

A. 刹车过程汽车的加速度大小为 0.2 m/s²

B. 刹车过程持续的时间为 2 s

C. $t=0$ 时刻汽车的速度大小为 5 m/s

D. 刹车全过程的位移大小为 5 m

●解析

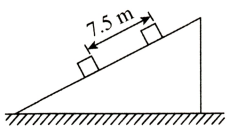
答案：B

解析：根据匀变速直线运动中位移与速度关系可得 $x=\dfrac{v^2-v_0^2}{2a}=-\dfrac{v_0^2}{2a}+\dfrac{v^2}{2a}$，对应 $x=10-0.1v^2$(m)可得加速度 $a=-5\ \text{m/s}^2$，$t=0$ 时刻的速度大小 $v_0=10$ m/s，刹车持续时间 $\Delta t=\dfrac{0-v_0}{a}=2$ s，刹车全过程的位移大小 $x=\dfrac{0-v_0^2}{2a}=10$ m，故只有选项 B 正确。

感悟方法：本题是数理结合的典型题，将数学的函数与物理学的规律对应起来。另外，对于刹车问题，一定要注意物体运动的最长时间。

考点 8　竖直上抛运动与沿光滑斜面上滑问题

【例 8】如图所示，在光滑足够长的斜面上，有一物体以 10 m/s 的初速度沿斜面向上运动，物体的加速度大小始终为 5 m/s²，方向沿斜面向下，当物体的位移大小为 7.5 m 时，下列说法正确的是（　　）



A. 物体运动时间可能为 1 s

B. 物体运动时间可能为 3 s

C. 物体运动时间可能为 $(2+\sqrt{7})$ s

D. 此时的速度大小一定为 5 m/s

●解析

答案：ABC

解析：当物体的位置在出发点的上方时，根据 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 得 $7.5\ \text{m}=10\ \text{m/s}\times t-\frac{1}{2}\times5\ \text{m/s}^2\times t^2$ 即 $t^2-4t+3=0$，所以 $t_1=3\ \text{s}$ 或 $t_2=1\ \text{s}$，由 $v=v_0+at$ 得 $v=\pm5\ \text{m/s}$。当物体的位置在出发点的下方时，根据 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 得 $-7.5\ \text{m}=10\ \text{m/s}\times t-\frac{1}{2}\times5\ m/s^2\times t^2$ 即 $t^2-4t-3=0$，所以 $t=(2\pm\sqrt{7})\ \text{s}$，舍去负值，则 $t_3=(2+\sqrt{7})\ \text{s}$，由 $v=v_0+at$ 得 $v=-5\sqrt{7}\text{m/s}$。所以选项 A、B、C 均正确，D 错误。

感悟方法：首先，请同学们将本题与上一题做比较，上一题是“刹车”问题，即速度为零时物体运动停止。而本题是加速度不变的“去而又返”的问题，比如像竖直上抛运动也是这类运动，对于这类问题，可以有两种处理方法：分段法与整体法。

考点 9　单个物体的非匀变速直线运动 $v-t$ 图象

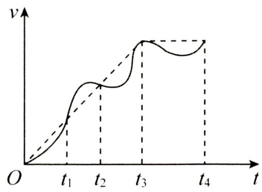
【例 9】某人骑自行车在平直道路上行进，图中的实线记录了自行车开始一段时间内的 $v-t$ 图象，某同学为了简化计算，用虚线作近似处理，下列说法正确的是(　　)

A. 在 t_1 时刻，虚线反映的加速度比实际的大

B. 在 $0\sim t_1$ 时间内，由虚线计算出的平均速度比实际的大

C. 在 $t_1\sim t_2$ 时间内，由虚线计算出的位移比实际的大

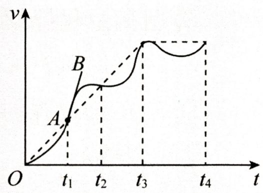
D. 在 $t_3\sim t_4$ 时间内，虚线反映的是匀速直线运动



●解析

答案：BD

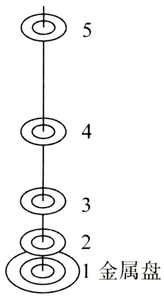
解析：如右图所示，t_1 时刻，实线上 A 点的切线为 AB，实际加速度为 AB 的斜率，由图可知虚线反映的加速度小于实际加速度，故选项 A 错误；在 $v-t$ 图象中，位移等于所对应图线与坐标轴所包围的面积，$0\sim t_1$ 时间内，虚线所对应的位移大于实线所对应的位移，由 $\bar{v}=\frac{s}{t}$ 知，由虚线计算出的平均速度比实际的大，故选项 B 正确；在 $t_1\sim t_2$ 时间内，虚线计算出的位移比实际小，故选项 C 错误；$t_3\sim t_4$ 时间内虚线为平行于时间轴的直线，此线反映的运动为匀速直线运动，故选项 D 正确。



感悟方法：本题提供了一种近似处理的方法，将非匀变速运动与匀变速运动进行对比。解题的关键仍然是要搞清速度一时间图象所表示的物理意义。

考点 10　多物体的匀变速直线运动

【例 10】取一根长 2 m 左右的细线，5 个铁垫圈和一个金属盘，在线端系上第一个垫圈，隔 12 cm 再系一个，以后垫圈之间的距离分别是 36 cm、60 cm、84 cm，如图所示。站在椅子上，向上提起线的上端，让线自由垂下，且第一个垫圈紧靠放在地上的金属盘，松手后开始计时，若不计空气阻力，则第 2、3、4、5 个垫圈(　　)



A. 落到盘上的声音时间间隔越来越大

B. 落到盘上的声音时间间隔相等

C. 依次落到盘上的速率关系为 $1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:2$

D. 依次落到盘上的时间关系为 $1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2}):(2-\sqrt{3})$

●解析

答案:B

解析:把多个铁垫圈的运动转化为一个铁垫圈的自由落体运动。根据题意可知每两个相邻垫圈之间的距离差都为 24 cm,由 $\Delta x=aT^2$ 可知垫圈落到盘上的声音时间间隔相等,选项 A、D 错误,B 正确;由 $v=gt$ 可知垫圈依次落到盘上的速率关系为 1∶2∶3∶4,选项 C 错误。

感悟方法:转化是一种常用的物理思维方法,本题将多个物体转化为一个物体的自由落体运动,巧妙!

考点 11　多物体做匀变速直线运动的 $v-t$ 图象

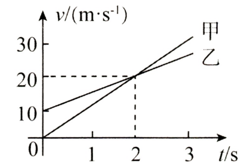
【例 11】甲、乙两车在平直公路上同向行驶,其 $v-t$ 图象如图所示。已知两车在 $t=3$ s 时并排行驶,则(　　)

A. 在 $t=1$ s 时,甲车在乙车后

B. 在 $t=0$ 时,甲车在乙车前 7.5 m

C. 两车另一次并排行驶的时刻是 $t=2$ s

D. 甲、乙车两次并排行驶的位置之间沿公路方向的距离为 40 m



●解析

答案:BD

解析:根据 $v-t$ 图知,甲、乙两车都沿正方向运动。$t=3$ s 时,甲、乙两车并排行驶,此时 $v_甲=30$ m/s,$v_乙=25$ m/s,由 $v-t$ 图线所围面积对应位移关系知,0~3 s 内甲车位移 $x_甲=\frac{1}{2}\times3\times30$ m$=45$ m,乙车位移 $x_乙=\frac{1}{2}\times3\times(10+25)$ m$=52.5$ m。故 $t=0$ 时,甲、乙两车相距 $\Delta x_1=x_乙-x_甲=7.5$ m,即甲车在乙车前方 7.5 m,选项 B 正确;0~1 s 内,$x_甲'=\frac{1}{2}\times1\times10$ m$=5$ m,$x_乙'=\frac{1}{2}\times1\times(10+15)$ m$=12.5$ m,$\Delta x_2=x_乙'-x_甲'=7.5$ m$=\Delta x_1$,说明在 $t=1$ s 时甲、乙两车第一次相遇,选项 A、C 错误;甲、乙两车两次相遇地点之间的距离为 $x=x_甲-x_甲'=45$ m-5 m$=40$ m,所以选项 D 正确。

感悟方法:对于多个物体运动的 $v-t$ 图,一般会涉及相遇和追赶问题,解题时要特别注意 $v-t$ 图的一个缺点:无法直接在图上获取物体运动的起始位置,图线的交点也不一定是相遇点。

考点 12　多物体做匀变速直线运动的 $x-t$ 图象

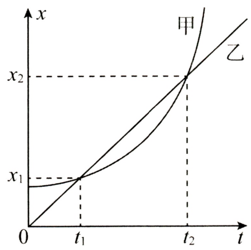
【例 12】甲、乙两车在同一平直公路上同向运动,甲做匀加速直线运动,乙做匀速直线运动。甲、乙两车的位置 x 随时间 t 的变化如图所示。下列说法正确的是(　　)

A. 在 t_1 时刻两车速度相等

B. 从 0 到 t_1 时间内,两车走过的路程相等

C. 从 t_1 到 t_2 时间内,两车走过的路程相等

D. 从 t_1 到 t_2 时间内的某时刻,两车速度相等



●解析

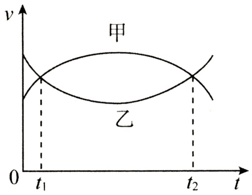
答案:*CD*

解析:x—t 图象某点的切线斜率表示瞬时速度,*A* 错误;0~t_1 时间内,由于甲、乙的出发点不同,故路程不同,*B* 错误;t_1~t_2 时间内,甲、乙的位移和路程都相等,大小都为 x_2-x_1,*C* 正确;t_1~t_2 时间内,甲的 x—t 图象在某一点的切线与乙的 x—t 图象平行,此时刻两车速度相等,*D* 正确。

感悟方法:x—t 图的图线斜率表示的是物体运动的速度,两图线的交点代表相遇点。

考点 13　多物体非匀变速直线运动的 $v-t$ 图象

【例 13】甲、乙两汽车同一条平直公路上同向运动，其速度—时间图象分别如图中甲、乙两条曲线所示。已知两车在 t_2 时刻并排行驶，下列说法正确的是(　　)



A. 两车在 t_1 时刻也并排行驶　　B. t_1 时刻甲车在后，乙车在前

C. 甲车的加速度大小先增大后减小　　D. 乙车的加速度大小先减小后增大

解析

答案：BD

解析：本题可巧用逆向思维分析，两车在 t_2 时刻并排行驶，根据题图分析可知在 $t_1 \sim t_2$ 时间内甲车运动的位移大于乙车运动的位移，所以在 t_1 时刻甲车在后，乙车在前，B 正确，A 错误；依据 $v-t$ 图象斜率表示加速度分析出 C 错误，D 正确。

感悟方法：$v-t$ 图的斜率反映加速度，由于 $v-t$ 图不能表示起始位置的缺点，本题巧妙利用逆向思维转化为一个从同一位置开始的两个物体的运动问题，妙哉！

考点 14　用图象法解题

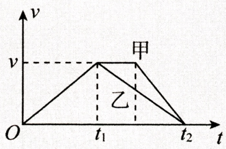
【例 14】为了研究汽车的启动和制动性能，现用甲、乙两辆完全相同的汽车在平直公路上分别进行实验。让甲车以最大加速度 a_1 加速到最大速度后匀速运动一段时间再以最大加速度 a_2 制动，直到停止；乙车以最大加速度 a_1 加速到最大速度后立即以加速度 $\frac{a_2}{2}$ 制动，直到停止。实验测得甲、乙两车的运动时间相等，且两车运动的位移之比为 5∶4。则 $a_1 : a_2$ 的值为(　　)

A. 2∶1　　B. 1∶2　　C. 4∶3　　D. 4∶5

解析

答案：B

解析：根据题述，作出甲、乙两车的速度图象，如图所示。设甲车加速运动的时间为 t_1，总时间为 t_2。由题意知，甲车制动的加速度是乙车制动加速度的 2 倍，所以甲车匀速运动时间与减速运动时间相等。又由 $x_甲 : x_乙 = 5:4$ 得 $\left(\frac{1}{2}vt_1 + v\cdot\frac{t_2-t_1}{2} + \frac{1}{2}v\cdot\frac{t_2-t_1}{2}\right) : \frac{1}{2}vt_2 = 5:4$，解得 $t_1 : t_2 = 1:2$。可知 $a_1 = \frac{a_2}{2}$，即 $a_1 : a_2 = 1:2$，选项 B 正确。



感悟方法：图象是表示物体运动的一种语言，如果能把问题中物体的运动用图象表示出来，往往会给解题带来方便。

过关演练

1. 一人看到闪电 12.3 s 后又听到雷声。已知空气中的声速约为 330～340 m/s，光速为 3×10^8 m/s，于是他用 12.3 除以 3 很快估算出闪电发生位置到他的距离为 4.1 km。根据所学的物理知识可以判断（　　）

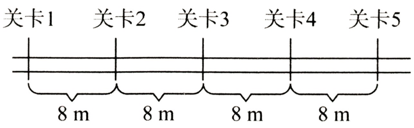
A. 这种估算方法是错误的，不可采用

B. 这种估算方法可以比较准确地估算出闪电发生位置与观察者的距离

C. 这种估算方法没有考虑光的传播时间，结果误差很大

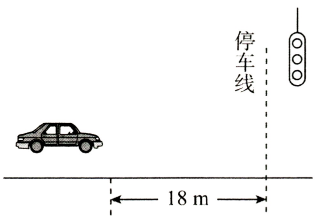
D. 即使声速增大 2 倍以上，本题的估算结果依然正确

2. 如图所示，某"闯关游戏"的笔直通道上每隔 8 m 设有一个关卡，各关卡同步放行和关闭，放行和关闭的时间分别为 5 s 和 2 s。关卡刚放行时，一同学立即在关卡 1 处以加速度 $2\ m/s^2$ 由静止加速到 2 m/s，然后匀速向前，则最先挡住他前进的关卡是（　　）



A. 关卡 2　　B. 关卡 3　　C. 关卡 4　　D. 关卡 5

3. 如图所示，以 8 m/s 匀速行驶的汽车即将通过路口，绿灯还有 2 s 将熄灭，此时汽车距离停车线 18 m。该车加速时最大加速度大小为 $2\ m/s^2$，减速时最大加速度大小为 $5\ m/s^2$。此路段允许行驶的最大速度为 12.5 m/s，下列说法中正确的有（　　）



A. 如果立即做匀加速运动，在绿灯熄灭前汽车可能通过停车线

B. 如果立即做匀加速运动，在绿灯熄灭前通过停车线汽车一定超速

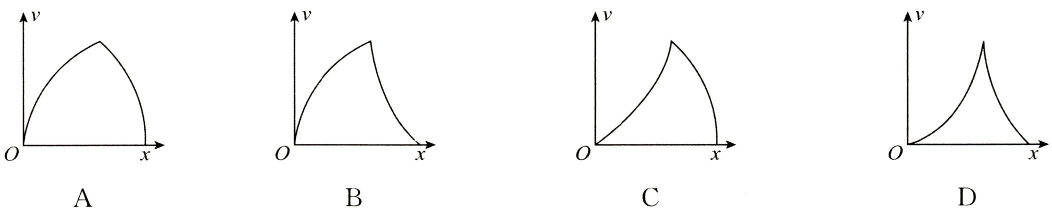
C. 如果立即以最大加速度做匀减速运动，在绿灯熄灭前汽车一定不能通过停车线

D. 如果距停车线 5 m 处以最大加速度减速，汽车能停在停车线处

4. 一杂技演员，用一只手抛球、接球。他每隔 0.40 s 抛出一个球，接到球便立即把球抛出。已知除抛、接球的时刻外，空中总有 4 个球，将球的运动近似看做是竖直方向的运动，球到达的最大高度是（高度从抛球点算起，取 $g=10\ m/s^2$）（　　）

A. 1.6 m　　B. 2.4 m　　C. 3.2 m　　D. 4.0 m

5. 一汽车从静止开始做匀加速直线运动，然后刹车做匀减速直线运动，直到停止。下列速度 v 和位移 x 的关系图象中，能描述该过程的是（　　）



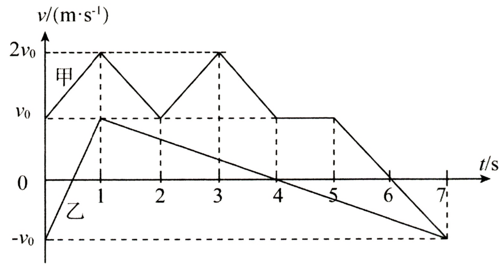
6. 甲、乙两物体在 $t=0$ 时刻经过同一位置沿 x 轴运动，其 $v-t$ 图象如图所示。则（　　）

A. 甲、乙在 $t=0$ s 到 $t=1$ s 之间沿同一方向运动

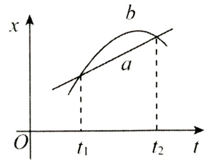
B. 乙在 $t=0$ 到 $t=7$ s 之间的位移为零

C. 甲在 $t=0$ 到 $t=4$ s 之间做往复运动

D. 甲、乙在 $t=6$ s 时的加速度方向相同



7. 如图，直线 a 和曲线 b 分别是在平直公路上行驶的汽车 a 和 b 的位置—时间（$x-t$）图线。由图可知（　　）



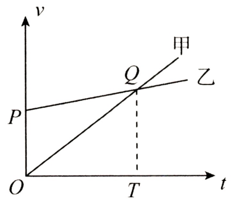
A. 在时刻 t_1，a 车追上 b 车

B. 在时刻 t_2，a、b 两车运动方向相反

C. 在 t_1 到 t_2 这段时间内，b 车的速率先减少后增加

D. 在 t_1 到 t_2 这段时间内，b 车的速率一直比 a 车的大

8. 甲、乙两车在一平直道路上同向运动，其 $v-t$ 图象如图所示，图中 $\triangle OPQ$ 和 $\triangle OQT$ 的面积分别为 s_1 和 s_2（$s_2>s_1$）初始时，甲车在乙车前方 s_0 处。则（　　）



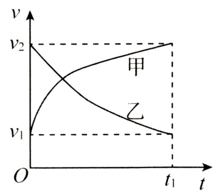
A. 若 $s_0=s_1+s_2$，两车不会相遇

B. 若 $s_0<s_1$，两车相遇 2 次

C. 若 $s_0=s_1$，两车相遇 1 次

D. 若 $s_0=s_2$，两车相遇 1 次

9. 甲、乙两汽车在一平直公路上同向行驶。在 $t=0$ 到 $t=t_1$ 的时间内，它们的 $v-t$ 图象如图所示。在这段时间内（　　）



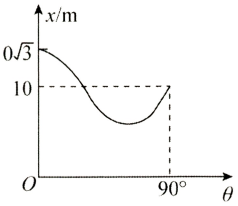
A. 汽车甲的平均速度比乙大

B. 汽车乙的平均速度等于$\frac{v_1+v_2}{2}$

C. 甲、乙两汽车的位移相同

D. 汽车甲的加速度大小逐渐减小，汽车乙的加速度大小逐渐增大

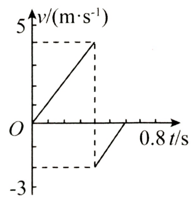
10. 现有一个斜面，其底边固定且水平，斜面倾角在 0～90°内变化，一质量为 1 kg 的物体以一定的初速度自斜面底端沿斜面上滑，滑到最远点的位移随斜面倾角 θ 变化的规律如图所示，则在 $\theta=30°$时，物体上滑的位移是（　　）



A. 5 m　　　　B. $5\sqrt{3}$ m

C. 10 m　　　　D. $10\sqrt{2}$ m

11. 小球从空中某处由静止开始自由下落，与水平地面碰撞后上升到空中某一高度，此过程中小球速度随时间变化的关系如图所示，则（　　）



A. 在下落和上升两个过程中，小球的加速度不同

B. 小球开始下落处离地面的高度为 0.8 m

C. 整个过程中小球的位移为 1.0 m

D. 整个过程中小球的平均速度大小为 2 m/s

12. 从地面竖直上抛物体 A，同时在某一高度处有一物体 B 自由下落，两物体在空中相遇时的速率都是 v，则（　　）

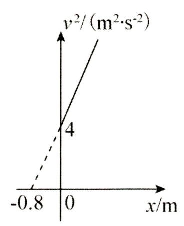
A. 物体 A 的上抛初速度大小是两物体相遇时速率的 2 倍

B. 相遇时物体 A 已上升的高度和物体 B 已下落的高度相同

C. 物体 A 和物体 B 在空中运动时间相等

D. 物体 A 和物体 B 落地速度不相等

13. 一做直线运动的质点的 v^2-x 图象如图所示，则下列关于其运动情况的分析正确的是（　　）



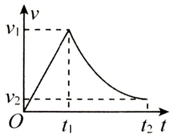
A. 该质点的初速度为 4 m/s

B. 该质点的加速度为 5 m/s^2

C. 该质点 2 s 末的速度为 5 m/s

D. 该质点第 3 s 内的位移为 8.25 m

14. 在军事演习中，某空降兵从飞机上跳下，先做自由落体运动，在 t_1 时刻，速度达最大值 v_1 时打开降落伞，做减速运动，在 t_2 时刻以较小速度 v_2 着地。他的速度图象如图所示。下列关于该空降兵在 $0\sim t_1$ 或 $t_1\sim t_2$ 时间内的平均速度 $\bar{v}$ 的结论正确的是(　　)



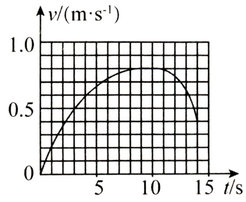
A. $0\sim t_1$ 时间内 $\bar{v}=\frac{v_1}{2}$

B. $0\sim t_1$ 时间内 $\bar{v}>\frac{v_1}{2}$

C. $t_1\sim t_2$ 时间内 $\bar{v}=\frac{v_1+v_2}{2}$

D. $t_1\sim t_2$ 时间内 $\bar{v}>\frac{v_1+v_2}{2}$

15. 利用速度传感器与计算机结合，可以自动作出物体运动的图象。某同学在一次实验中得到的运动小车的速度一时间图象如图所示，以下说法错误的是(　　)



A. 小车先做加速运动，后做减速运动

B. 小车运动的最大速度约为 0.8 m/s

C. 小车的位移一定大于 8 m

D. 小车做曲线运动

16. 在以速度 v 上升的电梯内竖直向上抛出小球，电梯内的人看见小球经 t 秒后到达最高点，则有(　　)

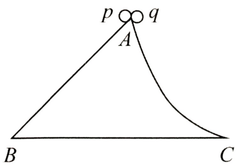
A. 地面上的人看见小球抛出时的初速度为 $v_0=gt$

B. 电梯中的人看见小球抛出的初速度为 $v_0=gt$

C. 地面上的人看见小球上升的最大高度为 $h=\frac{1}{2}gt^2$

D. 地面上的人看见小球上升的时间也为 t

17. 如图所示，一个固定在水平面上的光滑物块，其左侧面是斜面 AB，右侧面是曲面 AC，已知 AB 和 AC 的长度相同。两个小球 p、q 同时从 A 点分别沿 AB 和 AC 由静止开始下滑，比较它们到达水平面所用的时间(　　)



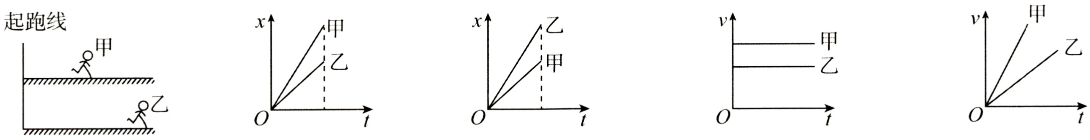
A. p 小球先到

B. q 小球先到

C. 两小球同时到

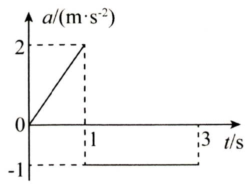
D. 无法确定

18. 甲、乙两位同学进行百米赛跑，假如把他们的运动近似为匀速直线运动来处理，他们同时从起跑线起跑，经过一段时间后他们的位置如图所示，在下图中分别作出在这段时间内两人运动的位移 x、速度 v 与时间 t 的关系图象，正确的是(　　)



A　　B　　C　　D

19. 光滑的水平面上有一物体在外力作用下做直线运动，物体的加速度随时间变化的关系如图所示。已知 $t=0$ 时物体的速度为 1 m/s，以此时的速度方向为正方向。下列说法正确的是(　　)



A. $0\sim 1$ s 内物体做匀加速直线运动

B. $t=1$ s 时物体的速度为 3 m/s

C. $t=1$ s 时物体开始反向运动

D. $t=3$ s 时物体离出发点最远

20. 甲、乙、丙三人各乘一个热气球，甲看到楼房匀速上升，乙看到甲匀速上升，甲看到丙匀速上升，丙看到乙匀速下降。那么在地面上的人看来，甲、乙、丙的运动。情况可能是(　　)

A. 甲、乙匀速下降，$v_{乙}>v_{甲}$，丙停在空中

B. 甲、丙匀速下降，$v_{丙}>v_{甲}$，乙匀速上升

C. 甲、乙匀速下降，$v_{乙}>v_{甲}$，丙匀速下降，且 $v_{丙}>v_{甲}$

D. 甲、乙匀速下降，$v_{乙}<v_{甲}$，丙匀速下降，且 $v_{丙}<v_{甲}$

21. 如图，一质点从 A 点开始做初速度为零的匀加速直线运动，加速度大小为 a，B、C、D 是质点运动路径上三点，且 $BC=x_1$，$CD=x_2$，质点通过 B、C 间所用时间与经过 C、D 间所用时间相等，则质点经过 C 点的速度为(　　)



A. $\frac{x_1+x_2}{2}\sqrt{\frac{a}{x_2-x_1}}$　　B. $\frac{x_1+x_2}{4}\sqrt{\frac{a}{x_2-x_1}}$

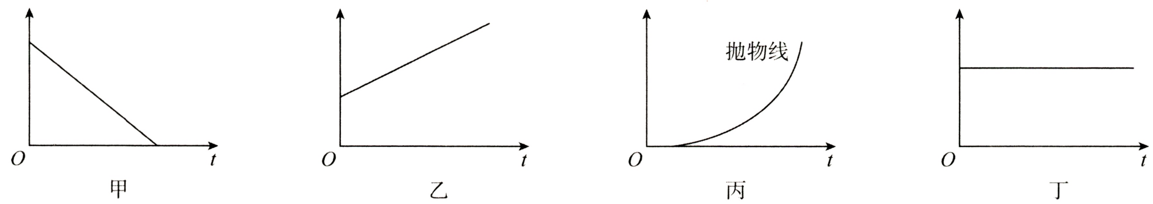
C. $\frac{x_2-x_1}{2}\sqrt{\frac{a}{x_2+x_1}}$　　D. $\frac{x_2-x_1}{4}\sqrt{\frac{a}{x_2+x_1}}$

22. 一质量为 m 的滑块在粗糙水平面上滑行，通过频闪照片分析得知，滑块在最开始 2 s 内的位移是最后 2 s 内的位移的两倍，且已知滑块第 1 s 内的位移为 2.5 m，由此可求得(　　)

A. 滑块的加速度为 5 m/s^2　　B. 滑块的初速度为 5 m/s

C. 滑块运动的总时间为 3 s　　D. 滑动运动的总位移为 4.5 m

23. 如图所示，甲、乙、丙、丁是以时间为横轴的匀变速直线运动的图象，下列说法正确的是(　　)



A. 甲是 $a-t$ 图象　　B. 乙是 $x-t$ 图象　　C. 丙是 $x-t$ 图象　　D. 丁是 $v-t$ 图象

24. 汽车给人们生活带来极大便利，但随着车辆的增多，交通事故也相应增加，重视交通安全问题，关系着千百万人的生命安全与家庭幸福，为了安全，在行驶途中，车与车之间必须保持一定的距离，因为，从驾驶员看见某一情况到采取制动动作的时间里，汽车仍然要通过一段距离(称为思考距离)，而从采取制动动作到车完全停止的时间里，汽车又要通过一段距离(称为制动距离)，下表给出了驾驶员驾驶的汽车在不同速度下的思考距离和制动距离的部分数据，某同学分析这些数据，算出了表格中未给出的数据 X、Y，该同学计算正确的是(　　)

速度/(m·s^{-1})	思考距离/ m	制动距离/ m
10	12	20
15	18	X
20	Y	80
25	30	125

A. $X=40$，$Y=24$　　B. $X=45$，$Y=24$　　C. $X=60$，$Y=22$　　D. $X=50$，$Y=22$

25. 给滑块一初速度 v_0 使它沿光滑斜面向上做匀减速运动，加速度大小为 $\frac{g}{2}$，当滑块速度大小减为 $\frac{v_0}{2}$ 时，所用时间可能是(　　)

A. $\frac{v_0}{2g}$　　B. $\frac{v_0}{g}$　　C. $\frac{3v_0}{g}$　　D. $\frac{3v_0}{2g}$

26. 历史上有些科学家曾把在相等位移内速度变化相等的单向直线运动称为“匀变速直线运动”（现称“另类匀变速直线运动”），“另类加速度”定义为 $A=\frac{v-v_0}{x}$，其中 v_0 和 v 分别表示某段位移 x 内的初速度和末速度。$A>0$ 表示物体做加速运动，$A<0$ 表示物体做减速运动。而现在物理学中加速度的定义式为 $a=\frac{v-v_0}{t}$，下列说法正确的是（　　）

A. 若 A 不变，则 a 也不变

B. 若 $A>0$ 且保持不变，则 a 逐渐变大

C. 若 A 不变，则物体在中间位置处的速度为 $\frac{v_0+v}{2}$

D. 若 A 不变，则物体的中间位置处的速度为 $\sqrt{\frac{v_0^2+v^2}{2}}$

27. 某人在 $t=0$ 时刻，观察一个正在做匀加速直线运动的质点，现只测出了该质点在第 3 s 内及第 7 s 内的位移，则下列说法正确的是（　　）

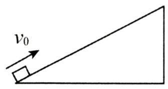
A. 不能求出任一时刻的瞬时速度

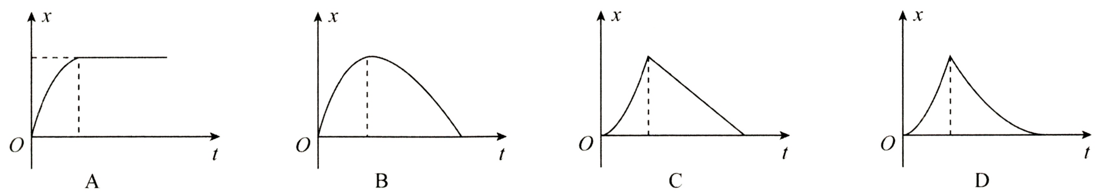
B. 能求出任一时刻的瞬时速度

C. 不能求出第 3 s 末到第 7 s 初这段时间内的位移

D. 能求出该质点的加速度

28. 如图所示，物体以初速度 v_0 冲上足够长的粗糙斜面，下图中关于物体位移 x 与时间 t 关系的图象可能正确的是（　　）





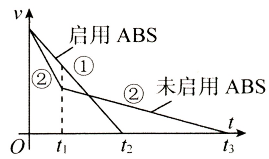
29. 某汽车在启用 ABS 刹车系统和不启用该刹车系统紧急刹车时，其车速与时间的变化关系分别如图中的①、②图线所示。由图可知，启用 ABS 后（　　）

A. t_1 时刻车速更小

B. $0\sim t_1$ 的时间内加速度更小

C. 加速度总是比不启用 ABS 时大

D. 刹车后前行的距离比不启用 ABS 短



30. 物体由静止开始做匀加速直线运动，加速 8 s 后，立即做匀减速直线运动，再经过 4 s 停下。关于该物体的运动情况，下列说法正确的是（　　）

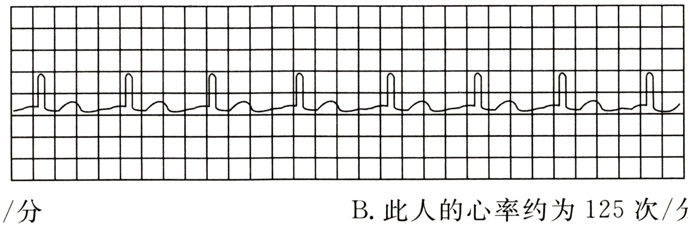
A. 加速、减速过程中的加速度大小之比为 2∶1

B. 加速、减速过程中的平均速度大小之比为 2∶1

C. 加速、减速过程中的位移大小之比为 2∶1

D. 加速、减速过程中速度的变化率大小之比为 2∶1

31. 已知心电图记录仪的出纸速度（纸带移动的速度）是 2.5 cm/s，如图所示是仪器记录下来的某人的心电图，图中每个小方格的边长为 0.5 cm，由此可知（　　）



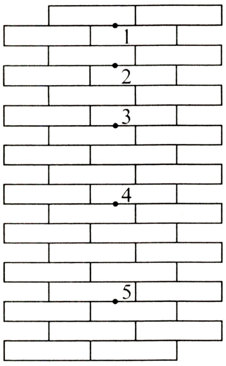
A. 此人的心率约为 75 次/分

B. 此人的心率约为 125 次/分

C. 此人心脏每跳动一次所需时间约为 0.75 s

D. 此人心脏每跳动一次所需时间约为 0.60 s

32. 如图所示，小球从竖直砖墙某位置静止释放，用频闪照相机在同一底片上多次曝光，得到了图中1、2、3、4、5…所示小球运动过程中每次曝光的位置，连续两次曝光的时间间隔均为T，每块砖的厚度为d。根据图中的信息，下列判断错误的是(　　)



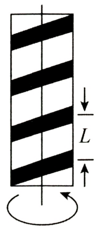
A. 位置“1”是小球释放的初始位置

B. 小球做匀加速直线运动

C. 小球下落的加速度为$\frac{d}{T^2}$

D. 小球在位置“3”的速度为$\frac{7d}{2T}$

33. 在街头的理发店门口，常可以看到有这样的标志：一个转动的圆筒，外表有彩色螺旋斜条纹，我们感觉条纹在沿竖直方向运动，但实际上条纹在竖直方向并没有升降，这是由于圆筒的转动而使我们的眼睛产生了错觉。如图所示，假设圆筒上的条纹是围绕圆筒的一条宽带，相邻两圈条纹沿圆筒轴线方向的距离(即螺距)为$L=10$ cm，圆筒沿逆时针方向(从俯视方向看)，以2 r/s的转速匀速转动，我们感觉到的升降方向和速度大小分别为(　　)



A. 向上，10 cm/s　　B. 向上，20 cm/s

C. 向下，10 cm/s　　D. 向下，20 cm/s

34. 一个质点沿直线Ox方向做加速运动，离开O点的距离x随时间变化的关系为$x=4+2t^3$(m)，它的速度v随时间t的变化关系为$v=6t^2$(m/s)，则可知该质点在$t=2$ s时的瞬时速度和$t=0$到$t=2$ s时间内的平均速度分别为(　　)

A. 8 m/s，24 m/s　　B. 12 m/s，24 m/s

C. 24 m/s，8 m/s　　D. 24 m/s，10 m/s

35. 2011年5月6日，中国、吉尔吉斯斯坦和塔吉克斯坦在中国新疆喀什成功举行了代号为“天山－2号(2011)”的联合反恐演习。如图为武警战士演习解救人质时，从悬停在空中离地116 m高的直升机上沿绳下滑的照片，为确保安全，武警战士向下加速的最大加速度为8 m/s²，向下减速的最大加速度为2 m/s²，若要求武警战士着地的速度不大于6 m/s，则下列说法正确的是(　　)



A. 武警战士在空中下滑的最短时间为5.4 s

B. 武警战士在空中下滑的最短时间为9.5 s

C. 武警战士在空中下滑的最大速度为20 m/s

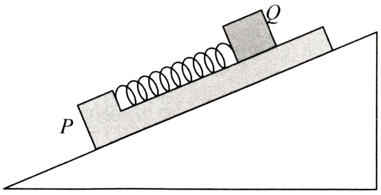
D. 武警战士在空中下滑的最大速度为43.2 m/s

专题二 相互作用

典例剖析

考点 1 力的分析

【例 1】L 形板 P 上表面光滑放在固定斜面上，轻弹簧一端固定在木板上，另一端与置于木板上表面的滑块 Q 相连，如图所示，若 P、Q 一起沿斜面匀速下滑，不计空气阻力。则木板 P 的受力个数为(　　)



A. 3　　B. 4　　C. 5　　D. 6

解析

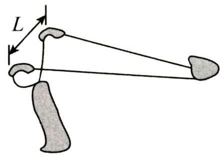
答案：C

解析：本题主要考查受力分析，意在考查考生应用整体法和隔离法解题的能力。因为 P、Q 一起匀速下滑，所以斜面对 P 有沿斜面向上的摩擦力，而 Q 必受弹簧斜向上的弹力，所以隔离 P 可知 P 受重力、斜面摩擦力、斜面弹力、弹簧弹力、Q 的压力作用，A、B、D 错误，C 正确。

感悟方法：受力分析的基本步骤是先确定研究对象，然后再按重力、弹力、摩擦力等等这样的顺序来分析。在选择研究对象时，要根据题意灵活选择“整体”和“隔离”。

考点 2 力的运算

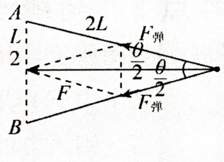
【例 2】如图所示，一个“Y”形弹弓顶部跨度为 L，两根相同的橡皮条自由长度均为 L，在两橡皮条的末端用一块软羊皮(长度不计)做成裹片。若橡皮条的弹力与形变量的关系满足胡克定律，且劲度系数为 k，发射弹丸时每根橡皮条的最大长度为 $2L$(弹性限度内)，则发射过程中裹片对弹丸的最大作用力为(　　)



A. kL　　B. $2kL$　　C. $\frac{\sqrt{3}}{2}kL$　　D. $\frac{\sqrt{15}}{2}kL$

解析

答案：D

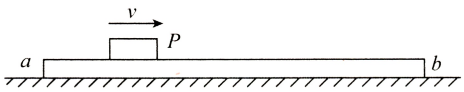


解析：根据胡克定律知，每根橡皮条的弹力 $F_{弹}=k(2L-L)=kL$。设此时两橡皮条的夹角为 θ，根据几何关系知 $\sin\frac{\theta}{2}=\frac{1}{4}$。根据力的平行四边形定则知，弹丸被发射过程中所受的最大作用力 $F=2F_{弹}\cos\frac{\theta}{2}=2F_{弹}\sqrt{1-\sin^2\frac{\theta}{2}}=\frac{\sqrt{15}}{2}F_{弹}=\frac{\sqrt{15}}{2}kL$。选项 D 正确。

感悟方法：力的运算的基本方法是平行四边形定则，通过平行四边行定则，将物理问题转化为几何问题进行求解。

考点 3　摩擦力的大小

【例 3】如图所示，质量为 m 的木块 P 在质量为 M 的长木板 ab 上滑行，长木板放在水平面上一直处于静止状态。若 ab 与地面间的动摩擦因数为 μ_1，木块 P 与长木板 ab 间的动摩擦因数为 μ_2，则长木板 ab 受到地面的摩擦力大小为(　　)



A. $\mu_1 Mg$　　B. $\mu_1(m+M)g$　　C. $\mu_2 mg$　　D. $\mu_1 Mg+\mu_2 mg$

●解析

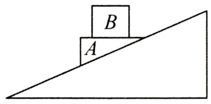
答案：C

解析：木块 P 对长木板的滑动摩擦力大小为 $F=\mu_2 mg$，长木板始终静止，则地面对长木板的静摩擦力大小为 $F'=F=\mu_2 mg$，故选项 C 正确。

感悟方法：求解摩擦力大小时，科学的思维程序是先判断是属于静摩擦力还是滑动摩擦力，如果是滑动摩擦力，一般优考虑用公式 $f=\mu N$ 来求解；如果是静摩擦力，一般优先结合物体的运动状态来求解。

考点 4　摩擦力的方向

【例 4】如图，光滑斜面固定于水平面，滑块 A、B 叠放后一起冲上斜面，且始终保持相对静止，A 上表面水平，则在斜面上运动时，B 受力的示意图为(　　)





A　　B　　C　　D

●解析

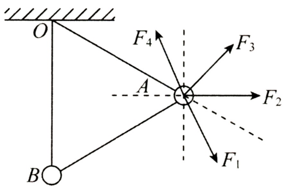
答案：A

解析：滑块 A、B 一起冲上光滑斜面，以 A、B 为整体研究对象，加速度沿斜面向下，大小为 $a=g\sin\theta$，整体向上做匀减速直线运动，加速度方向沿斜面向下，由于 B 的加速度方向沿斜面向下，根据牛顿第二定律知，B 受到合力沿斜面向下，则 B 一定受到水平向左的摩擦力以及重力和支持力，故选项 A 正确，B、C、D 错误。

感悟方法：判断摩擦力的方向问题，可以根据摩擦力产生的条件来判断：与物体的相对运动方向或是相对运动趋势的方向相反，也可以根据物体的运动状态来分析。

考点 5　与绳子有关的平衡问题

【例 5】如图所示，用两根细线把 A、B 两小球悬挂在天花板上的同一点 O，并用第三根细线连接 A、B 两小球，然后用某个力 F 作用在小球 A 上，使三根细线均处于直线状态，且 OB 细线恰好沿竖直方向，两小球均处于静止状态。则该力可能为图中的(　　)



A. F_1　　B. F_2　　C. F_3　　D. F_4

解析

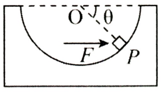
答案：BC

解析：OB 绳竖直，说明 B 球只受两个力作用，故 AB 间绳无形变，所以 A 球受重力 G，OA 绳的拉力 T 和外力 F 作用，三个力的合力为零，则外力 F 一定与重力和拉力 T 的合力大小相等、方向相反，故 B、C 选项正确。

感悟方法：绳子能提供的力只能是沿着绳子收缩方向的拉力。

考点 6　与接触面相关的平衡问题

【例 6】如图所示，光滑半球形容器固定在水平面上，O 为球心，一质量为 m 的小滑块，在水平力 F 的作用下静止于 P 点。设滑块所受支持力为 F_N。OP 与水平方向的夹角为 θ。下列关系正确的是（　　）



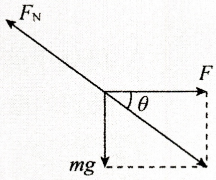
A. $F=\dfrac{mg}{\tan\theta}$　　B. $F=mg\tan\theta$　　C. $F_N=\dfrac{mg}{\tan\theta}$　　D. $F_N=mg\tan\theta$

解析

答案：A

解析：对小滑块受力分析如图所示，根据三角形定则可得

$F=\dfrac{mg}{\tan\theta}$，$F_N=\dfrac{mg}{\sin\theta}$，所以 A 正确。



感悟方法：支持力的方向垂直于接触面，对于圆形接触面，指向圆心。

考点 7　与轻杆相关的平衡问题

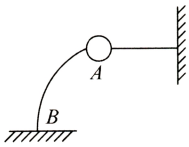
【例 7】如图所示，一重为 10 N 的球固定在支杆 AB 的上端，今用一段绳子水平拉球，使杆发生弯曲，已知绳的拉力为 7.5 N，则 AB 杆对球的作用力（　　）

A. 大小为 7.5N

B. 大小为 12.5N

C. 方向与水平方向成 53°角斜向右下方

D. 方向与水平方向成 53°角斜向左上方



解析

答案：BD

解析：对小球进行受力分析可得，AB 杆对球的作用力 F 与绳的拉力和小球的重力的合力等大反向，可得 F 方向斜向左上方，其大小 $F=\sqrt{10^2+7.5^2}$ N$=12.5$ N，故选项 B 正确；令 AB 杆对小球的作用力与水平方向夹角为 α，可得 $\tan\alpha=\dfrac{G}{F}=\dfrac{4}{3}$，$\alpha=53°$，故选项 D 正确。

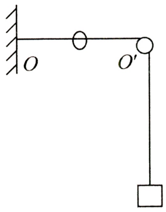
感悟方法：一端固定的轻杆对物体的施力方向要根据物体所处的运动状态来分析。

考点 8　与滑环相关的平衡问题

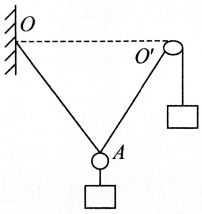
【例 8】如图，一不可伸长的光滑轻绳，其左端固定于 O 点，右端跨过位于 O' 点的固定光滑轴悬挂一质量为 M 的物体；OO' 段水平，长度为 L；绳上套一可沿绳滑动的轻环。现在轻环上悬挂一钩码，平衡后，物体上升 L，则钩码的质量为（　　）

A. $\dfrac{\sqrt{2}}{2}M$　　B. $\dfrac{\sqrt{3}}{2}M$

C. $\sqrt{2}M$　　D. $\sqrt{3}M$



解析



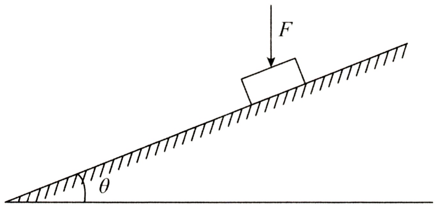
答案:D

解析:本题考查物体的平衡,意在考查考生对物体平衡问题的计算能力.轻环上挂钩码后,物体上升 L,则根据几何关系可知,三角形 $OO'A$ 为等边三角形,根据物体的平衡条件可知,$2Mg\cos 30°=mg$,求得 $m=\sqrt{3}M$,D 项正确。

感悟方法:轻绳穿过滑环时,两段绳子的张力相等。

考点 9　与斜面相关的平衡问题

【例 9】一质量为 m 的物块恰好静止在倾角为 θ 的斜面上。现对物块施加一个竖直向下的恒力 F,如图所示。则物块(　　)



A. 仍处于静止状态　　　　B. 沿斜面加速下滑

C. 受到的摩擦力不变　　　　D. 受到的合外力增大

解析

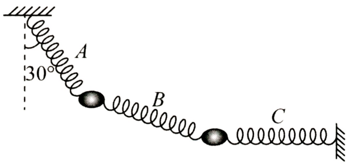
答案:A

解析:由于质量为 m 的物块恰好静止在倾角为 θ 的斜面上,说明斜面对物块的作用力与物块的重力平衡,斜面与物块的动摩擦因数 $\mu=\tan\theta$。对物块施加一个竖直向下的恒力 F,物块所受合力仍然为零,故物块仍处于静止状态,A 正确,B、D 错误;摩擦力由 $mg\sin\theta$ 增大到 $(F+mg)\sin\theta$,C 错误。

感悟方法:施加力 F 以后,物体的运动状态取决于增加的下滑力与增加的摩擦力的大小关系。

考点 10　弹簧连接体的平衡

【例 10】如图所示,用完全相同的轻弹簧 A、B、C 将两个相同的小球连接并悬挂,小球处于静止状态,弹簧 A 与竖直方向的夹角为 30°,弹簧 C 水平,则弹簧 A、C 的伸长量之比为(　　)



A. $\sqrt{3}:4$　　B. $4:\sqrt{3}$　　C. $1:2$　　D. $2:1$

解析

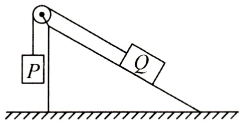
答案:D

解析:将两小球及弹簧 B 视为一个整体系统,该系统水平方向受力平衡,故有 $k\Delta x_A\sin 30°=k\Delta x_C$,可得 $\Delta x_A:\Delta x_C=2:1$,D 项正确。

感悟方法:弹簧的伸长量取决于弹簧受到的弹簧大小。

考点 11　绳子连接体的平衡

【例 11】如图所示，表面粗糙的固定斜面顶端安有滑轮，两物块 P、Q 用轻绳连接并跨过滑轮(不计滑轮的质量和摩擦)，P 悬于空中，Q 放在斜面上，均处于静止状态。当用水平向左的恒力推 Q 时，P、Q 静止不动，则(　　)



A. Q 受到的摩擦力一定变小

B. Q 受到的摩擦力一定变大

C. 轻绳上拉力一定变小

D. 轻绳上拉力一定不变

● 解析

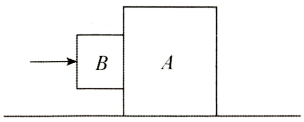
答案:D

解析:由于物块 Q 所受的静摩擦力的方向无法判断，当加一水平向左的恒力后，Q 所受的静摩擦力可能变大，也可能变小，A、B 选项错误；物块 P 处于静止状态，则绳上拉力等于物块 P 的重力，不发生变化，所以 D 选项正确。

感悟方法:绳子连接的两个物体，绳子对两个物体的拉力大小相等。

考点 12　叠加体的平衡问题

【例 12】如图，滑块 A 置于水平地面上，滑块 B 在一水平力作用下紧靠滑块 A(A、B 接触面竖直)，此时 A 恰好不滑动，B 刚好不下滑。已知 A 与 B 间的动摩擦因数为 μ_1，A 与地面间的动摩擦因数为 μ_2，最大静摩擦力等于滑动摩擦力。A 与 B 的质量之比为(　　)



A. $\dfrac{1}{\mu_1\mu_2}$　　B. $\dfrac{1-\mu_1\mu_2}{\mu_1\mu_2}$　　C. $\dfrac{1+\mu_1\mu_2}{\mu_1\mu_2}$　　D. $\dfrac{2+\mu_1\mu_2}{\mu_1\mu_2}$

● 解析

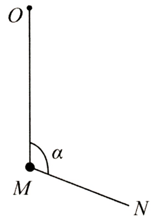
答案:B

解析:B 恰好不下滑时，$\mu_1F=m_Bg$，A 恰好不滑动，由整体法分析则 $F=\mu_2(m_Ag+m_Bg)$，所以 $\dfrac{m_A}{m_B}=\dfrac{1-\mu_1\mu_2}{\mu_1\mu_2}$，选项 B 正确。

感悟方法:对于连接体问题，要灵活运用整体法与隔离法。

考点 13　图解法解动态平衡问题

【例 13】如图，柔软轻绳 ON 的一端 O 固定，其中间某点 M 拴一重物，用手拉住绳的另一端 N。初始时，OM 竖直且 MN 被拉直，OM 与 MN 之间的夹角为 α($\alpha>\dfrac{\pi}{2}$)。现将重物向右上方缓慢拉起，并保持夹角 α 不变。在 OM 由竖直被拉到水平的过程中(　　)



A. MN 上的张力逐渐增大

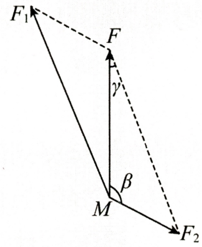
B. MN 上的张力先增大后减小

C. OM 上的张力逐渐增大

D. OM 上的张力先增大后减小

解析

答案:AD

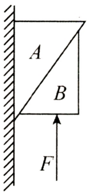


解析:OM 的张力 F_1 和 MN 的张力 F_2 的合力 F 不变,关系如图所示,$\frac{F}{\sin(180°-\alpha)}=\frac{F_1}{\sin\beta}=\frac{F_2}{\sin\beta}$,将重物向右上方缓慢拉起,夹角 α 不变,β 由钝角逐渐减小到锐角,γ 由锐角逐渐增大到直角,则 MN 上的张力 F_2 逐渐增大,OM 上的张力 F_1 先增大后减小,选项 A、D 正确。

感悟方法:物体处于平衡状态时,受到的合外力为零,可以用解析法来表达,也可以用矢量图解法来表达。

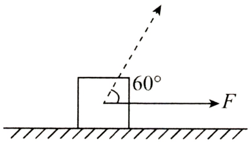
过关演练

1. 如图所示,物体 A 和 B 叠放在一起,A 靠在竖直墙面上。在力 F 作用下,A、B 均保持静止,此时物体 B 的受力个数为(　　)



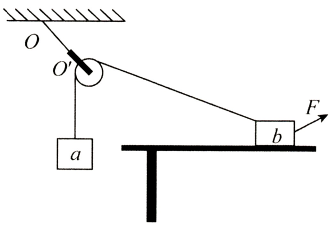
A. 2 个　　B. 3 个　　C. 4 个　　D. 5 个

2. 如图,一物块在水平拉力 F 的作用下沿水平桌面做匀速直线运动。若保持 F 的大小不变,而方向与水平面成 60°角,物块也恰好做匀速直线运动。物块与桌面间的动摩擦因数为(　　)



A. $2-\sqrt{3}$　　B. $\frac{\sqrt{3}}{6}$　　C. $\frac{\sqrt{3}}{3}$　　D. $\frac{\sqrt{3}}{2}$

3. 如图,一光滑的轻滑轮用细绳 OO' 悬挂于 O 点;另一细绳跨过滑轮,其一端悬挂物块 a,另一端系一位于水平粗糙桌面上的物块 b。外力 F 向右上方拉 b,整个系统处于静止状态。若 F 方向不变,大小在一定范围内变化,物块 b 仍始终保持静止,则(　　)



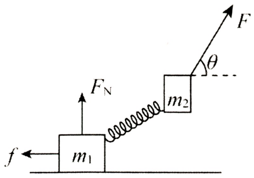
A. 绳 OO' 的张力也在一定范围内变化

B. 物块 b 所受到的支持力也在一定范围内变化

C. 连接 a 和 b 的绳的张力也在一定范围内变化

D. 物块 b 与桌面间的摩擦力也在一定范围内变化

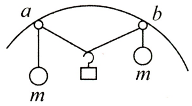
4. 如图所示，质量为 m_1、m_2 的两个物体通过轻弹簧连接，在力 F 的作用下一起沿水平方向做匀速直线运动（m_1 在地面，m_2 在空中），力 F 与水平方向成 θ 角. 则 m_1 所受支持力 N 和摩擦力 f 正确的是（　　）



A. $N=m_1g+m_2g-F\sin\theta$　　B. $N=m_1g+m_2g-F\cos\theta$

C. $f=F\cos\theta$　　D. $f=F\sin\theta$

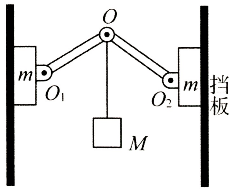
5. 如图，两个轻环 a 和 b 套在位于竖直面内的一段固定圆弧上：一细线穿过两轻环，其两端各系一质量为 m 的小球。在 a 和 b 之间的细线上悬挂一小物块。平衡时，a、b 间的距离恰好等于圆弧的半径。不计所有摩擦。小物块的质量为（　　）



A. $\frac{m}{2}$　　B. $\frac{\sqrt{3}}{2}m$

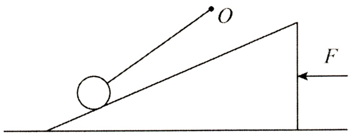
C. m　　D. 2 m

6. 如图所示，两相同轻质硬杆 OO_1、OO_2 可绕其两端垂直纸面的水平轴 O、O_1、O_2 转动，在 O 点悬挂一重物 M，将两相同木块 m 紧压在竖直挡板上，此时整个系统保持静止。F_f 表示木块与挡板间摩擦力的大小，F_N 表示木块与挡板间正压力的大小。若挡板间的距离稍许增大后，系统仍静止且 O_1、O_2 始终等高，则（　　）



A. F_f 变小　　B. F_f 不变　　C. F_N 变小　　D. F_N 变大

7. 如图所示，小球用细绳系住，绳的另一端固定于 O 点。现用水平力 F 缓慢推动斜面体，小球在斜面上无摩擦地滑动，细绳始终处于直线状态，当小球升到接近斜面顶端时细绳接近水平，此过程中斜面对小球的支持力 F_N 以及绳对小球的拉力 F_T 的变化情况是（　　）



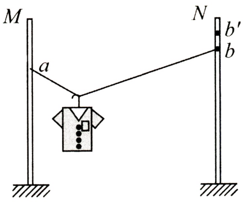
A. F_N 保持不变，F_T 不断增大

B. F_N 不断增大，F_T 不断减小

C. F_N 保持不变，F_T 先增大后减小

D. F_N 不断增大，F_T 先减小后增大

8. 如图所示，轻质不可伸长的晾衣绳两端分别固定在竖直杆 M、N 上的 a、b 两点，悬挂衣服的衣架钩是光滑的，挂于绳上处于静止状态。如果只人为改变一个条件，当衣架静止时，下列说法正确的是（　　）



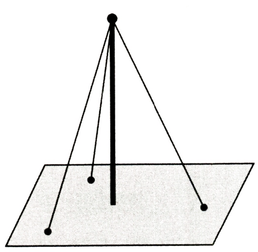
A. 绳的右端上移到 b'，绳子拉力不变

B. 将杆 N 向右移一些，绳子拉力变大

C. 绳的两端高度差越小，绳子拉力越小

D. 若换挂质量更大的衣服，则衣架悬挂点右移

9. 如图所示，三条绳子的一端都系在细直杆顶端，另一端都固定在水平面上，将杆竖直紧压在地面上，若三条绳长度不同，下列说法正确的有（　　）



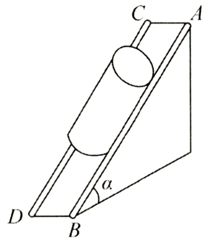
A. 三条绳中的张力都相等

B. 杆对地面的压力大于自身重力

C. 绳子对杆的拉力在水平方向的合力为零

D. 绳子拉力的合力与杆的重力是一对平衡力

10. 如图所示，两根直木棍 AB 和 CD 相互平行，斜靠在竖直墙壁上固定不动，水泥圆筒从木棍的上部匀速滑下。若保持两木棍倾角不变，将两木棍间的距离减小后固定不动，仍将水泥圆筒放在两木棍上部，则(　　)



A. 每根木棍对圆筒的支持力变大，摩擦力变大

B. 每根木棍对圆筒的支持力变小，摩擦力变大

C. 圆筒仍能匀速滑下

D. 圆筒将匀加速滑下

11. 如图 1 所示，斜面体 M 的底面粗糙，斜面光滑，放在粗糙水平面上。弹簧的一端固定在墙面上，另一端与放在斜面上的物块 m 相连，弹簧的轴线与斜面平行。若物块在斜面上做简谐运动，斜面体保持静止，则地面对斜面体的摩擦力 F_f 与时间 t 的关系图象是图 2 中的(　　)

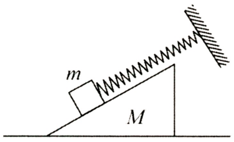


图1

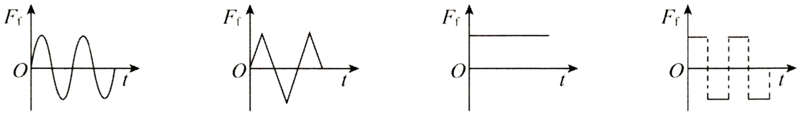
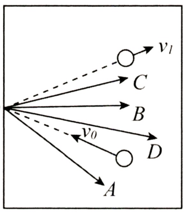


图2

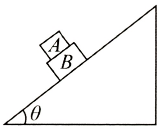
12. 台球以速度 v_0 与球桌边框成 α 角撞击 O 点，反弹后速度为 v_1，方向与球桌边框夹角仍为 α，如图所示。如果 $v_1<v_0$，OB 垂直于桌边，则下列关于桌边对小球的弹力方向的判断中正确的是(　　)



A. 可能沿 OA 方向　　B. 一定沿 OB 方向

C. 可能沿 OC 方向　　D. 可能沿 OD 方向

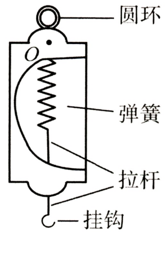
13. 如图所示，A、B 质量分别为 m_A 和 m_B，叠放在倾角为 θ 的斜面上以相同的速度匀速下滑，则(　　)



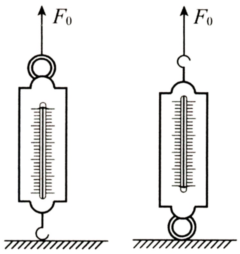
A. A、B 间无摩擦力作用　　B. B 受到的滑动摩擦力大小为 $(m_A+m_B)g\sin\theta$

C. B 受到的静摩擦力大小为 $m_Ag\sin\theta$　　D. 取下 A 物体后，B 物体仍能匀速下滑

14. 实验室常用的弹簧测力计如图甲所示，连接有挂钩的拉杆与弹簧相连，并固定在外壳一端 O 上，外壳上固定一个圆环，可以认为弹簧测力计的总质量主要集中在外壳(重力为 G)上，弹簧和拉杆的质量忽略不计，现将该弹簧测力计以两种方式固定于地面上，如图乙、丙所示，分别用恒力 F_0 竖直向上拉弹簧测力计，静止时弹簧测力计的读数为(　　)



甲

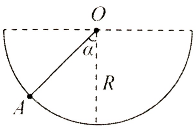


乙　　丙

A. 乙图读数 F_0-G，丙图读数 F_0+G　　B. 乙图读数 F_0+G，丙图读数 F_0-G

C. 乙图读数 F_0，丙图读数 F_0-G　　D. 乙图读数 F_0-G，丙图读数 F_0

15. 如图一小虫在半径为 R 的半球形碗内沿碗面缓慢向上爬，假定小虫与碗之间动摩擦因数是 μ，小虫与球形碗球心的连线和竖直方向夹角为 α. 则下列有关说法正确的是(　　)



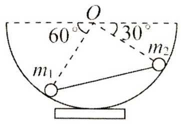
A. 小虫可以沿碗爬到碗的顶端

B. 小虫沿碗爬到的位置和动摩擦因数有关，最高点满足 $\tan\alpha=\mu$

C. 小虫沿碗爬到的位置和动摩擦因数有关，最高点满足 $\sin\alpha=\mu$

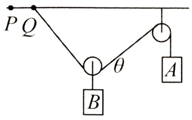
D. 条件不足，无法判断小虫能爬到的具体位置

16. 如图所示，一个半球形的碗放在桌面上，碗口水平，O 是球心，碗的内表面光滑。轻质杆的两端固定有两个小球，质量分别是 m_1、m_2。当它们静止时，m_1、m_2 与球心的连线跟水平面分别成 60°、30°角，则碗对两小球的弹力 F_1、F_2 大小之比是(　　)



A. 1∶2　　B. $\sqrt{3}$∶1　　C. 1∶$\sqrt{3}$　　D. $\sqrt{3}$∶2

17. 如图所示，A、B 两物体的质量分别为 m_A、m_B，且 $m_A>m_B$，整个系统处于静止状态，小滑轮的质量和一切摩擦均不计，如果绳一端由 Q 点缓慢地向左移到 P 点，整个系统重新平衡后，物体 A 的高度和两滑轮间绳与水平方向的夹角 θ 如何变化(　　)



A. 物体 A 的高度升高，θ 角变大　　B. 物体 A 的高度降低，θ 角变小

C. 物体 A 的高度升高，θ 角不变　　D. 物体 A 的高度不变，θ 角变小

18. 如图所示吊床用绳子拴在两棵树上等高位置。某人先坐在吊床上，后躺在吊床上，均处于静止状态。设吊床两端系绳中的拉力为 F_1、吊床对该人的作用力为 F_2，则(　　)



A. 坐着比躺着时 F_1 大　　B. 躺着比坐着时 F_1 大

C. 坐着比躺着时 F_2 大　　D. 躺着比坐着时 F_2 大

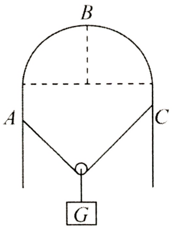
19. 2011 年 10 月 7 日～16 日在日本东京举行的第 43 届世界体操锦标赛上，我国选手陈一冰勇夺吊环冠军，成就世锦赛四冠王。比赛中他先双手撑住吊环，然后身体下移，双臂缓慢张开到图示位置，此时连接吊环的绳索与竖直方向的夹角为 θ。已知他的体重为 G，吊环和绳索的重力不计。则每条绳索的张力为(　　)



A. $\dfrac{G}{2\cos\theta}$　　B. $\dfrac{G}{2\sin\theta}$

C. $\dfrac{G}{2}\cos\theta$　　D. $\dfrac{G}{2}\sin\theta$

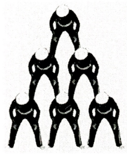
20. 如图所示，我国国家大剧院外部呈椭球型。假设国家大剧院的屋顶为半球形，因特殊原因要执行维修任务，在竖直放置的穹形光滑支架上，一根不可伸长的轻绳通过轻质滑轮悬挂一重物 G。现将轻绳的一端固定于支架上的 A 点，另一端从 C 点（C 点与 A 点等高）沿支架缓慢地向 B 点靠近。则绳中拉力大小变化的情况是（　　）



A. 先不变后变大　　B. 先不变后变小

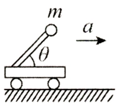
C. 先变大后不变　　D. 先变小后不变

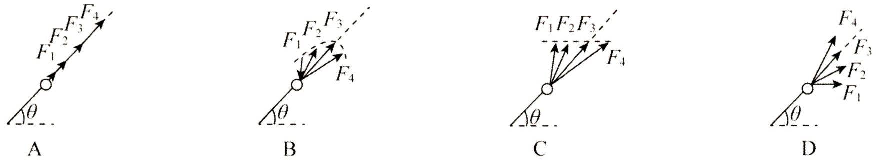
21. 叠罗汉是一种二人以上层层叠成各种造型的游戏娱乐形式，也是一种高难度的杂技。图示为六人叠成的三层静态造型，假设每个人的重量均为 G，下面五人的背部均呈水平状态，则最底层正中间的人的一只脚对水平地面的压力约为（　　）



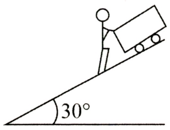
A. $\frac{7}{8}G$　　B. $\frac{3}{4}G$　　C. $\frac{5}{4}G$　　D. $\frac{3}{2}G$

22. 如图所示，小车沿水平面向右做匀加速直线运动，车上固定的硬杆和水平车面的夹角为 θ，杆的顶端固定着一个质量为 m 的小球，当小车运动的加速度逐渐增大时，杆对小球的作用力（F_1 至 F_4 变化）的变化图示可能是（　　）





23. 超市中小张沿水平方向推着质量为 m 的购物车乘匀速上升的自动扶梯上楼，如图所示。假设小张、购物车、自动扶梯间保持相对静止，自动扶梯的倾角为 30°，小张的质量为 M，小张与扶梯间的动摩擦因数为 μ，小车与扶梯间的摩擦忽略不计。则（　　）



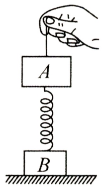
A. 小张对扶梯的压力大小为 $Mg\cos 30°$，方向垂直于斜面向下

B. 小张对扶梯的摩擦力大小为 $(M+m)g\sin 30°$，方向沿斜面向下

C. 扶梯对小张的摩擦力大小为 $\mu(M+m)g\cos 30°$，方向沿斜面向上

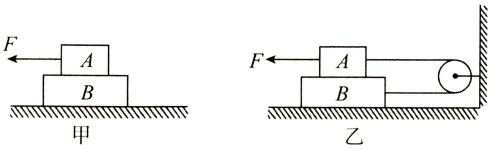
D. 小张对车的推力和车对小张的推力大小必相等，这是因为人和车均处于平衡状态

24. 如图所示，质量均为 m 的物体 A、B 通过一劲度系数为 k 的弹簧相连，开始时 B 放在地面上，A、B 均处于静止状态，现通过细绳将 A 向上拉起，当 B 刚要离开地面时，A 上升距离为 L，假设弹簧一直在弹性限度内，则（　　）



A. $L=\frac{2mg}{k}$　　B. $L<\frac{2mg}{k}$　　C. $L=\frac{mg}{k}$　　D. $L>\frac{mg}{k}$

25. 如图所示，重叠物 A、B 接触面间动摩擦因数都为 μ，地面都光滑。当物体 A 受到水平拉力 F 作用，A、B 处于相对静止时，关于 A、B 所受摩擦力对它们运动的影响，下列说法正确的是(　　)



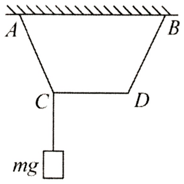
A. 两图中 A 物所受摩擦力都是阻力，方向都水平向右

B. 两图中 B 物所受摩擦力都是动力，方向都水平向左

C. 两图中 B 物所受摩擦力都为动力，甲图中方向为水平向左，乙图中方向水平向右

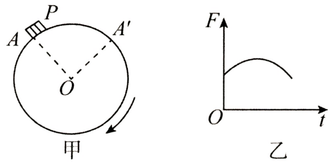
D. 甲图中 B 所受摩擦力为动力，乙图中 B 所受摩擦力为阻力，它们的方向都是水平向左

26. 如图所示，三根长度均为 l 的轻绳分别连接于 C、D 两点，A、B 两端被悬挂在水平天花板上，相距 $2l$. 现在 C 点上悬挂一个质量为 m 的重物，为使 CD 绳保持水平，在 D 点上可施加力的最小值为(　　)



A. mg　　B. $\frac{\sqrt{3}}{3}mg$　　C. $\frac{1}{2}mg$　　D. $\frac{1}{4}mg$

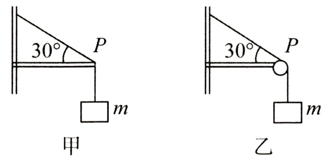
27. 如图甲所示，在圆柱体上放一物块 P，圆柱体绕水平轴 O 缓慢转动，从 A 转至 A' 的过程，物块与圆柱体保持相对静止，则图乙反映的是该过程中(　　)



A. 重力随时间变化的规律　　B. 支持力随时间变化的规律

C. 摩擦力随时间变化的规律　　D. 合外力随时间变化的规律

28. 如图甲中一水平轻杆在右端的 P 点系有两根细线，一根斜上拉且固定，另一根竖直向下连接质量为 m 的物体而处于平衡，图乙中水平轻杆左端固定，右端连接一个光滑滑轮，用细线绕过滑轮，上端固定而下端连接与甲同样的物体处于平衡。下列说法中正确的是(　　)



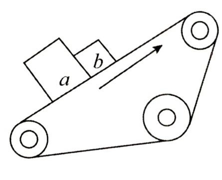
A. 甲、乙图中斜拉线受到的拉力大小相等

B. 甲、乙图中斜拉线受到的拉力大小不相等

C. 甲图中轻杆对 P 点的作用力与乙图中轻杆对滑轮的作用力大小相等

D. 甲图中轻杆对 P 点的作用力与乙图中轻杆对滑轮的作用力大小不相等

29. 在机场货物托运处，常用传送带运送行李和货物，如图所示，靠在一起的两个质地相同，质量和大小均不同的包装箱随传送带一起上行，下列说法正确的是(　　)



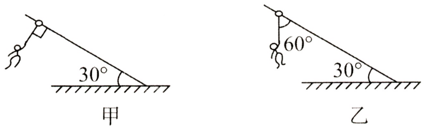
A. 匀速上行时 b 受 3 个力作用

B. 匀加速上行时 b 受 4 个力作用

C. 若上行过程传送带因故突然停止时，b 受 4 个力作用

D. 若上行过程传送带因故突然停止后，b 受的摩擦力一定比原来大

30. 高空滑索是一种勇敢者的运动项目。如果一个人用轻绳通过轻质滑环悬吊在足够长的倾斜钢索上运动，在下滑过程中可能会出现如图甲和图乙所示的两种情形。不计空气阻力，则下列说法正确的是(　　)



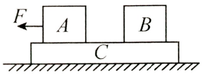
A. 图甲的情形中，人可能匀速下滑

B. 图甲的情形中，钢索对人的作用力大于人的重力

C. 图乙的情形中，钢索对轻环可能无摩擦力

D. 图乙的情形中，若轻环突然被卡而停止，则在此瞬间轻绳对人的拉力一定大于人的重力

31. 如图所示，物体 A、B 放在物体 C 上，水平力 F 作用于 A，使 A、B、C 一起匀速运动，各接触面间的摩擦力的情况是(　　)



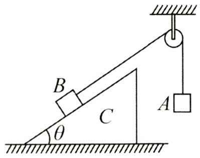
A. A 对 C 有向左的摩擦力

B. C 对 B 有向左的摩擦力

C. 物体 C 受到三个摩擦力的作用

D. C 对地有向右的摩擦力

32. 如图所示，倾角为 θ 的斜面体 C 置于水平面上，B 置于斜面 C 上，通过细绳跨过光滑的定滑轮与 A 相连，连接 B 的一段细绳与斜面平行，A、B、C 处于静止状态，则(　　)



A. 水平面对 C 的支持力小于 B、C 的总重力

B. 一定受到 C 的摩擦力

C. C 受到水平面的摩擦力为零

D. 若将细线剪断，B 物体开始沿斜面向下滑动，则水平面对 C 的摩擦力不为零

33. 用轻质细线把两个质量未知的小球悬挂起来，如图 1 所示，今对小球 a 持续施加一个向左偏下 30°角的恒力，并对小球 b 持续施加一个向右偏上 30°角的同样大的恒力，最后达到平衡时，如图 2 中正确的是(　　)

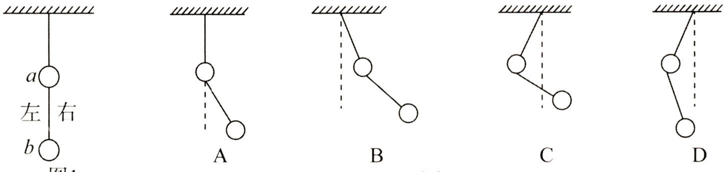
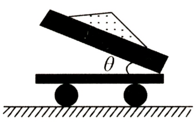


图1　　　　图2

34. 如图所示，一辆运送沙子的自卸卡车装满沙子，沙粒之间的动摩擦因数为 μ_1，沙子与车厢底部材料的动摩擦因数为 μ_2，车厢的倾角用 θ 表示(已知 $\mu_2>\mu_1$)，下列说法正确的是(　　)



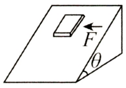
A. 要顺利地卸干净全部沙子，应满足 $\tan\theta>\mu_2$

B. 要顺利地卸干净全部沙子，应满足 $\sin\theta>\mu_2$

C. 只卸去部分沙子，车上还留有一部分沙子，应满足 $\mu_2>\tan\theta>\mu_1$

D. 只卸去部分沙子，车上还留有一部分沙子，应满足 $\mu_2>\mu_1>\tan\theta$

35. 一个物体位于斜面上，受到平行于斜面的水平力 F 的作用处于静止状态，如图所示。如果将外力 F 撤去，则物体(　　)



A. 会沿斜面下滑

B. 摩擦力的方向一定会变化

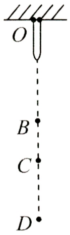
C. 摩擦力的值变大

D. 摩擦力的值变小

专题三　牛顿运动定律

典例剖析

考点 1　力与运动的关系



【例 1】右图为蹦极运动的示意图。弹性绳的一端固定在 O 点，另一端和运动员相连。运动员从 O 点自由下落，至 B 点弹性绳自然伸直，经过合力为零的 C 点到达最低点 D，然后弹起。整个过程中忽略空气阻力。分析这一过程，下列表述正确的是（　　）

①经过 B 点时，运动员的速率最大

②经过 C 点时，运动员的速率最大

③从 C 点到 D 点，运动员的加速度增大

④从 C 点到 D 点，运动员的加速度不变

A. ①③　　B. ②③　　C. ①④　　D. ②④

解析

答案：B

解析：运动员的下落过程：$O \to B$ 自由落体运动，$B \to C$ 重力大于弹性绳的弹力，做加速度越来越小的加速运动，C 点加速度为零，速度最大，$C \to D$ 弹力大于重力，加速度向上，运动员做加速度增大的减速运动，D 点速度为零。可见 B 正确。

感悟方法：力与运动的关系，要抓住速度与加速度的关系：速度方向与加速度方向相同，物体加速，速度方向与加速度方向相反，物体减速。

考点 2　牛顿第二定律

【例 2】一物块静止在粗糙的水平桌面上。从某时刻开始，物块受到一方向不变的水平拉力作用。假设物块与桌面间的最大静摩擦力等于滑动摩擦力。以 a 表示物块的加速度大小，F 表示水平拉力的大小。能正确描述 F 与 a 之间关系的图象是（　　）



解析

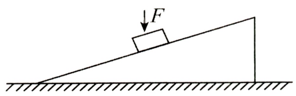
答案：C

解析：设物块所受滑动摩擦力为 f，在水平拉力 F 作用下，物块做匀加速直线运动，由牛顿第二定律，$F-f=ma$，$F=ma+f$，所以能正确描述 F 与 a 之间关系的图象是 C，选项 C 正确。

感悟方法：牛顿第二定律 $F=ma$ 中的 F 指的是物体受到的合外力，具体解题中要根据受力分析来确认合力。

考点 3　牛顿第二定律中的斜面问题

【例 3】如图所示，放在固定斜面上的物块以加速度 a 沿斜面匀加速下滑，若在物块上再施加一竖直向下的恒力 F，则（　　）



A. 物块可能匀速下滑

B. 物块仍以加速度 a 匀速下滑

C. 物块将以大于 a 的加速度匀加速下滑

D. 物块将以小于 a 的加速度匀加速下滑

●解析

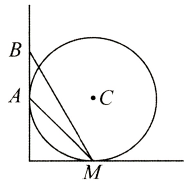
答案:C

解析:对物块进行受力分析,设斜面的角度为θ,可列方程$mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta=ma$,$\sin\theta-\mu\cos\theta=\frac{a}{g}$,当加上力$F$后,由牛顿第二定律得$(mg+F)\sin\theta-\mu(mg+F)\cos\theta=ma_1$,即$mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta+F\sin\theta-\mu F\cos\theta=ma_1$,$ma+F\sin\theta-\mu F\cos\theta=ma_1$,$F\sin\theta-\mu F\cos\theta=F(\sin\theta-\mu\cos\theta)=\frac{Fa}{g}$,$\frac{Fa}{g}$大于0,代入上式知$a_1$大于$a$。物块将以大于$a$的加速度匀加速下滑,只有选项C正确。

感悟方法:物体的加速度大小取决于增加的下滑力与增加的摩擦力的大小关系。

考点4　等时圆模型

【例4】如图所示,位于竖直平面内的圆周与水平面相切于M点,与竖直墙相切于点A,竖直墙上另一点B与M的连线和水平面的夹角为60°,C是圆环轨道的圆心。已知在同一时刻,甲、乙两球分别从A、B两点由静止开始沿光滑倾斜直轨道运动到M点。丙球由C点自由下落到M点。则(　　)



A. 甲球最先到达M点　　B. 乙球最先到达M点

C. 丙球最先到达M点　　D. 三个球同时到达M点

●解析

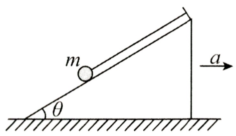
答案:C

解析:设圆轨道的半径为R,根据等时圆模型有$t_乙>t_甲$,$t_甲=2\sqrt{\frac{R}{g}}$;丙做自由落体运动,有$t_丙=\sqrt{\frac{2R}{g}}$,所以有$t_乙>t_甲>t_丙$,选项C正确。

感悟方法:利用"等时圆"来求解,方便快捷,这就告诉我们要收集整理典型模型来处理问题,这往往会给我们带来方便。

考点5　已知运动求力的动力学问题

【例5】如图所示,细线的一端系一质量为m的小球,另一端固定在倾角为θ的光滑斜面体顶端,细线与斜面平行。在斜面体以加速度a水平向右做匀加速直线运动的过程中,小球始终静止在斜面上,小球受到细线的拉力T和斜面的支持力为F_N分别为(重力加速度为g)(　　)



A. $T=m(g\sin\theta+a\cos\theta)$,$F_N=m(g\cos\theta-a\sin\theta)$

B. $T=m(g\sin\theta+a\cos\theta)$,$F_N=m(g\sin\theta-a\cos\theta)$

C. $T=m(a\cos\theta-g\sin\theta)$,$F_N=m(g\cos\theta+a\sin\theta)$

D. $T=m(a\sin\theta-g\cos\theta)$,$F_N=m(g\sin\theta+a\cos\theta)$

●解析

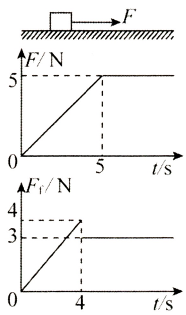
答案:A

解析:对小球受力分析,并沿水平、竖直方向正交分解。水平方向:$T\cos\theta-F_N\sin\theta=ma$,竖直方向:$T\sin\theta+F_N\cos\theta=mg$。联立求解得选项A正确。

感悟方法:已知运动求力,先求加速度。

考点 6　已知力求运动的动力学问题

【例 6】如图所示，水平板上有质量 $m=1.0$ kg 的物块，受到随时间 t 变化的水平拉力 F 作用，用力传感器测出相应时刻物块所受摩擦力 F_f 的大小。取重力加速度 $g=10$ m/s²。下列判断正确的是(　　)



A. 5 s 内拉力对物块做功为零

B. 4 s 末物块所受合力大小为 4.0 N

C. 物块与木板之间的动摩擦因数为 0.4

D. 6～9 s 内物块的加速度的大小为 2.0 m/s²

●解析

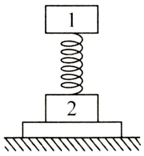
答案：D

解析：由 F_f-t 图象知物块所受的最大静摩擦力为 4 N，滑动摩擦力为 3 N，4 s 末物块所受的合力为零，则 B 项错误；因前 4 s 内物块处于静止状态，5 s 内物块的位移即第 5 s 内物块的位移不为零，则 5 s 内拉力对物块所做的功不为零，故 A 项错误；由 $\mu mg=3$ N，得物块与木板之间的动摩擦因数 $\mu=0.3$，则 C 项错误；6～9 s内物块所受的合力为 5 N－3 N＝2 N，由 $F_{合}=ma$，得物块的加速度大小 $a=2$ m/s²，故 D 项正确。

感悟方法：已知力求运动，先求加速度。

考点 7　瞬时性问题

【例 7】如图，轻弹簧上端与一质量为 m 的木块 1 相连，下端与另一质量为 M 的木块 2 相连，整个系统置于水平放置的光滑木板上，并处于静止状态。现将木板沿水平方向突然抽出，设抽出后的瞬间，木块 1、2 的加速度大小分别为 a_1、a_2。重力加速度大小为 g。则有(　　)



A. $a_1=g$，$a_2=g$　　B. $a_1=0$，$a_2=g$

C. $a_1=0$，$a_2=\dfrac{m+M}{M}g$　　D. $a_1=g$，$a_2=\dfrac{m+M}{M}g$

●解析

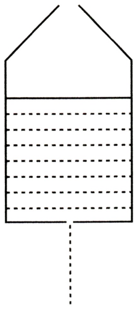
答案：C

解析：在抽出木板的瞬间，弹簧对 1 的支持力和对 2 的压力并未改变。对 1 物体受重力和支持力，$mg=F$，$a_1=0$。对 2 物体受重力和压力，根据牛顿第二定律 $a_2=\dfrac{F+Mg}{M}=\dfrac{M+m}{M}g$。

感悟方法：求解瞬时加速度问题，关键要搞清楚不同施力物体的施力特征。弹簧的弹力不能突变，绳子、杆子、接触面的弹力会发生突变。

考点 8　超、失重问题

【例 8】如图所示，一个盛水的容器底部有一个小孔。静止时用手指堵住小孔不让它漏水，假设容器在下述几种运动过程中始终保持平动，且忽略空气阻力，则(　　)



A. 容器自由下落时，小孔向下漏水

B. 将容器竖直向上抛出后，容器向上运动时，小孔向下漏水，容器向下运动时，小孔不向下漏水

C. 将容器水平抛出后，容器在运动中小孔向下漏水

D. 将容器斜向上抛出后，容器在运动中小孔不向下漏水

●解析

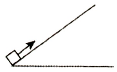
答案：D

解析：无论向哪个方向抛出，水和容器的运动情况相同，因此小孔不会漏水。

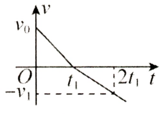
感悟方法：超、失重问题的关键是抓住加速度的方向，加速度向下，失重；加速度向上，超重！

考点 9　单物体多过程问题

【例 9】如图，一物块在 $t=0$ 时刻滑上一固定斜面，其运动的 $v-t$ 图线如图(b)所示。若重力加速度及图中的 v_0、v_1、t_1 均为已知量，则可求出(　　)



图(a)



图(b)

A. 斜面的倾角　　B. 物块的质量

C. 物块与斜面间的动摩擦因数　　D. 物块沿斜面向上滑行的最大高度

● 解析

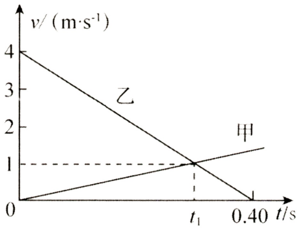
答案：ACD

解析：由题图(b)可以求出物块上升过程中的加速度为 $a_1=\frac{v_0}{t_1}$，下降过程中的加速度为 $a_2=\frac{v_1}{t_1}$。物块在上升和下降过程中，由牛顿第二定律得 $mg\sin\theta+F_f=ma_1$，$mg\sin\theta-F_f=ma_2$，由以上各式可求得 $\sin\theta=\frac{v_0+v_1}{2t_1g}$，滑动摩擦力 $F_f=\frac{m(v_0-v_1)}{2t_1}$，而 $F_f=\mu F_N=\mu mg\cos\theta$，由以上分析可知，选项 A、C 正确；由 $v-t$ 图象中横轴上方的面积可求出物块沿斜面上滑的最大距离，可以求出物块沿斜面向上滑行的最大高度，选项 D 正确。

感悟方法：单物体多过程问题，只要按时间顺序作好分析即可，要注意前一个过程的末状态即为下一个过程的初状态。

考点 10　多物体多过程问题

【例 10】两物体甲和乙在同一直线上运动，它们在 0～0.4 s 时间内的 $v-t$ 图象如图所示。若仅在两物体之间存在相互作用，则物体甲与乙的质量之比和图中时间 t_1 分别为(　　)



A. $\frac{1}{3}$ 和 0.30 s　　B. 3 和 0.30 s　　C. $\frac{1}{3}$ 和 0.28 s　　D. 3 和 0.28 s

● 解析

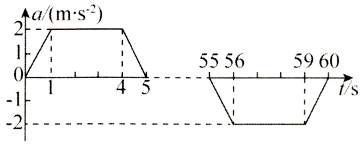
答案：B

解析：本题考查图象问题。根据速度图象的特点可知甲做匀加速运动，乙做匀减速运动。根据 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 得 $3a_甲=a_乙$，根据牛顿第二定律有 $\frac{F}{m_甲}=\frac{1}{3}\cdot\frac{F}{m_乙}$，得 $\frac{m_甲}{m_乙}=3$，由 $a_乙=\frac{4}{0.4}\ \text{m/s}=10\ \text{m/s}^2=\frac{1}{0.4-t_1}$，得 $t_1=0.3\ \text{s}$，B 正确。

感悟方法：多物体的多过程，关键是抓住物体之间的受力、时间、位移之间的关系。

考点 11　动力学中的 $a-t$ 图象

【例 11】广州塔，昵称小蛮腰，总高度达 600 米，游客乘坐观光电梯大约一分钟就可以到达观光平台。若电梯简化成只受重力与绳索拉力，已知电梯在 $t=0$ 时由静止开始上升，$a-t$ 图象如图所示。则下列相关说法正确的是(　　)



A. $t=4.5$ s 时，电梯处于失重状态　　B. 5～55 s 时间内，绳索拉力最小

C. $t=59.5$ s 时，电梯处于超重状态　　D. $t=60$ s 时，电梯速度恰好为零

●解析

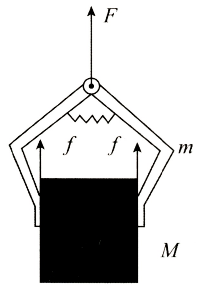
答案：D

解析：利用 $a-t$ 图象可判断：$t=4.5$ s 时，电梯有向上的加速度，电梯处于超重状态，则选项 A 错误；0～5 s 时间内，电梯处于超重状态，拉力大于重力，5～55 s 时间内，$a=0$，电梯处于匀速上升过程，拉力等于重力，55～60 s 时间内，电梯处于失重状态，拉力小于重力，综上所述，选项 B、C 错误；因 $a-t$ 图线与 t 轴所围的“面积”代表速度改变量，而图中横轴上方的“面积”与横轴下方的“面积”相等，则电梯的速度在 $t=60$ s 时为零，选项 D 正确。

感悟方法：$a-t$ 图象中，图线与横轴所围的面积表示速度的变化量。

考点 12　加速度相同的连接体问题

【例 12】如图所示，一夹子夹住木块，在力 F 作用下向上提升，夹子和木块的质量分别为 m、M，夹子与木块两侧间的最大静摩擦力均为 f，若木块不滑动，力 F 的最大值是(　　)



A. $\dfrac{2f(m+M)}{M}$　　B. $\dfrac{2f(m+M)}{m}$

C. $\dfrac{2f(m+M)}{M}-(m+M)g$　　D. $\dfrac{2f(m+M)}{M}+(m+M)g$

●解析

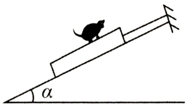
答案：A

解析：当夹子与木块两侧间的摩擦力达到最大静摩擦力 f 时，拉力 F 最大，设系统向上的加速度为 a。先以夹子为研究对象进行受力分析，根据牛顿第二定律可知 $F-2f-mg=ma$，再以木块为研究对象进行受力分析，根据牛顿第二定律可知可 $2f-Mg=Ma$，两式联立可解得 $F=\dfrac{2f(m+M)}{M}$，A 正确。

感悟方法：对于加速度相同的连接体，灵活运用整体法与隔离法。

考点 13　加速度不同的连接体问题

【例 13】如图，在倾角为 α 的固定光滑斜面上，有一用绳子拴着的长木板，木板上站着一只猫。已知木板的质量是猫的质量的 2 倍。当绳子突然断开时，猫立即沿着板向上跑，以保持其相对斜面的位置不变. 则此时木板沿斜面下滑的加速度为(　　)



A. $\frac{g}{2}\sin\alpha$　　　　B. $g\sin\alpha$

C. $\frac{3}{2}g\sin\alpha$　　　　D. $2g\sin\alpha$

●解析

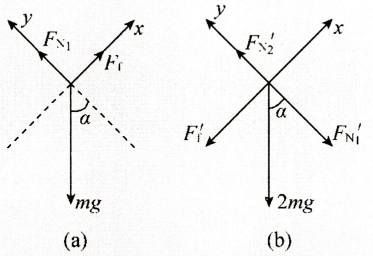
答案：C

解析：对猫受力分析如图(a)由平衡条件：$F_f=mg\sin\alpha$　①

对木板受力分析如图(b)由牛顿第二定律：$F_f'+2mg\sin\alpha=2ma$　②

又由牛顿第三定律：$F_f'=F_f$　③

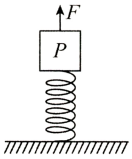
由①②③得 $a=\frac{3}{2}g\sin\alpha$。

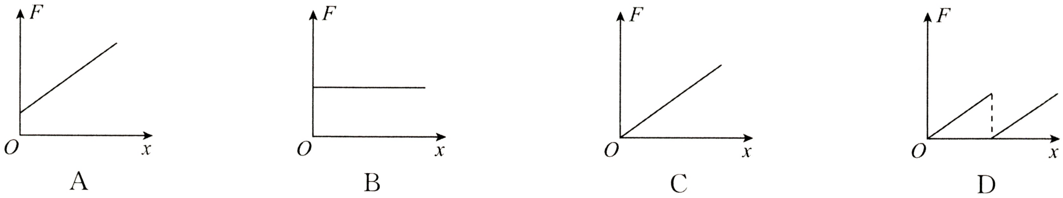


感悟方法：对于加速度不同的连接体问题，一般用隔离法来求解。

考点 14　与弹簧有关的动力学问题

【例 14】如图，轻弹簧的下端固定在水平桌面上，上端放有物块 P，系统处于静止状态，现用一竖直向上的力 F 作用在 P 上，使其向上做匀加速直线运动，以 x 表示 P 离开静止位置的位移，在弹簧恢复原长前，下列表示 F 和 x 之间关系的图象可能正确的是(　　)





●解析

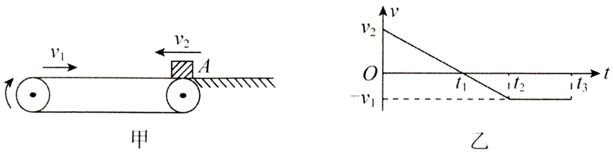
答案：A

解析：假设物块静止时弹簧的压缩量为 x_0，则由力的平衡条件可知 $kx_0=mg$，在弹簧恢复原长前，当物块向上做匀加速直线运动时，由牛顿第二定律得 $F+k(x_0-x)-mg=ma$，由以上两式解得 $F=kx+ma$，显然 F 和 x 为一次函数关系，且在 F 轴上有截距，则 A 正确，B、C、D 错误。

感悟方法：弹簧具有受力“简单”的特性：弹簧的弹力与形变量成线性关系。

考点 15　与传送带有关的动力学问题

【例 15】如图所示，绷紧的水平传送带始终以恒定速率 v_1 运行。初速度大小为 v_2 的小物块从与传送带等高的光滑水平地面上的 A 处滑上传送带。若从小物块滑上传送带开始计时，小物块在传送带上运动的 $v-t$ 图象(以地面为参考系)如图乙所示。已知 $v_2>v_1$，则(　　)



A. t_2 时刻，小物块离 A 处的距离达到最大

B. t_2 时刻，小物块相对传送带滑动的距离达到最大

C. $0\sim t_2$ 时间内，小物块受到的摩擦力方向先向右后向左

D. $0\sim t_3$ 时间内，小物块始终受到大小不变的摩擦力作用

●解析

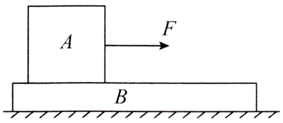
答案：B

解析：本题考查受力分析、牛顿第二定律和 $v-t$ 图象，意在考查考生应用牛顿第二定律并结合 $v-t$ 图象分析传送带模型问题的能力，小物块对地速度为零时，即 t_1 时刻，离 A 处最远。t_2 时刻，小物块相对传送带静止，此时不再相对传送带滑动，所以从开始到此刻，它相对传送带滑动的距离最大。$0\sim t_2$ 时间内，小物块受到的摩擦力为滑动摩擦力，方向始终向右，大小不变。t_2 时刻以后小物块相对传送带静止，故不再受摩擦力作用，综上所述，B 正确。

感悟方法：对于传送带问题，在分析过程中，要注意参考系的选择问题。

考点 16　动力学中的分离临界问题

【例 16】如图所示，A、B 两物块的质量分别为 $2m$ 和 m，静止叠放在水平地面上。A、B 间的动摩擦因数为 μ，B 与地面间的动摩擦因数为 $\frac{1}{2}\mu$。最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度为 g。现对 A 施加一水平拉力 F，则(　　)



A. 当 $F<2\mu mg$ 时，A、B 都相对地面静止

B. 当 $F=\frac{5}{2}\mu mg$ 时，A 的加速度为 $\frac{1}{3}\mu g$

C. 当 $F>3\mu mg$ 时，A 相对 B 滑动

D. 无论 F 为何值，B 的加速度不会超过 $\frac{1}{2}\mu g$

●解析

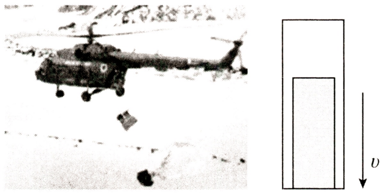
答案：BCD

解析：本题考查牛顿运动定律的应用，意在考查考生的理解能力和分析综合能力。A、B 间的最大静摩擦力为 $2\mu mg$，B 和地面之间的最大静摩擦力为 $\frac{3}{2}\mu mg$，对 A、B 整体，只要 $F>\frac{3}{2}\mu mg$，整体就会运动，选项 A 错误；当 A 对 B 的摩擦力为最大静摩擦力时，A、B 将要发生相对滑动，故 A、B 一起运动的加速度的最大值满足 $2\mu mg-\frac{3}{2}\mu mg=ma_{\max}$，$B$ 运动的最大加速度 $a_{\max}=\frac{1}{2}\mu g$，选项 D 正确；对 A、B 整体，有 $F-\frac{3}{2}\mu mg=3ma_{\max}$，则 $F>3\mu mg$ 时两者会发生相对运动，选项 C 正确；当 $F=\frac{5}{2}\mu mg$ 时，两者相对静止，一起滑动，加速度满足 $F-\frac{3}{2}\mu mg=3\ ma$，解得 $a=\frac{1}{3}\mu g$，选项 B 正确。

感悟方法：两个物体处于分离临界或者是相对静止临界时，两者速度相等，加速度相等，相互作用力达到临界值。

过关演练

1. 直升机悬停在空中向地面投放装有救灾物资的箱子，如图所示。设投放初速度为零，箱子所受的空气阻力与箱子下落速度的二次方成正比，且运动过程中箱子始终保持图示姿态。在箱子下落过程中，下列说法正确的是(　　)



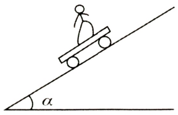
A. 箱内物体对箱子底部始终没有压力

B. 箱子刚从飞机上投下时，箱内物体受到的支持力最大

C. 箱子接近地面时，箱内物体受到的支持力比刚投下时大

D. 若下落距离足够长，箱内物体有可能不受底部支持力而“飘起来”

2. 如图所示，质量为 M 的长平板车放在光滑的倾角为 α 的斜面上，车上站着一质量为 m 的人，若要平板车静止在斜面上，车上的人可以(　　)



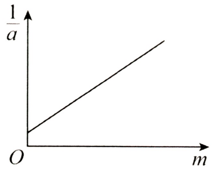
A. 匀速向下奔跑

B. 以加速度 $a=\frac{M}{m}g\sin\alpha$ 向下加速奔跑

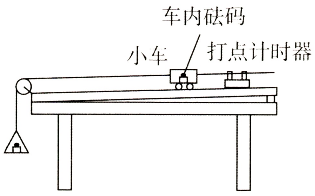
C. 以加速度 $a=\left(1+\frac{M}{m}\right)g\sin\alpha$ 向下加速奔跑

D. 以加速度 $a=\left(1+\frac{M}{m}\right)g\sin\alpha$ 向上加速奔跑

3. 在如图甲所示的 $\frac{1}{a}-m$ 图象中，横坐标 m 为小车(图乙所示)内砝码的质量，纵坐标 $\frac{1}{a}$ 为小车加速度 a 的倒数，已知图中直线的斜率为 k，在纵轴上的截距为 b，下列说法正确的是(　　)



甲



乙

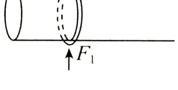
A. 小车受到的合力大小为 k

B. 小车受到的合力大小为 k^2

C. 小车的质量为 $\frac{b}{k}$

D. 小车的质量为 $\frac{k}{b}$

4. 如图所示，一个质量为 m 的圆环套在一根固定的水平长直杆上，环与杆的动摩擦因数为 μ。现给环一个水平向右的恒力 F，使圆环由静止开始运动，同时对环施加一个竖直向上、大小随速度变化的作用力 $F_1=kv$，其中 k 为常数，则圆环运动过程中(　　)



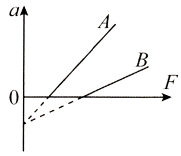
A. 最大加速度为 $\frac{F}{m}$

B. 最大加速度为 $\frac{F+\mu mg}{m}$

C. 最大速度为 $\frac{F+\mu mg}{\mu k}$

D. 最大速度为 $\frac{mg}{k}$

5. 如图所示，A、B 两条直线是在 A、B 两地分别用竖直向上的拉力 F 拉质量分别是 m_A 和 m_B 的物体实验时得出的两个加速度 a 与拉力 F 的关系图线，由图分析可知(　　)



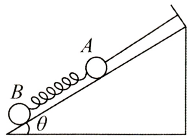
A. 比较两地的重力加速度，有 $g_A>g_B$

B. 比较两物体的质量，有 $m_A>m_B$

C. 比较两地的重力加速度，有 $g_A=g_B$

D. 比较两物体的质量，有 $m_A<m_B$

6. 如图所示，A、B 球的质量相等，弹簧的质量不计，倾角为 θ 的斜面光滑，系统静止时，弹簧与细线均平行于斜面，在细线被烧断的瞬间，下列说法正确的是(　　)



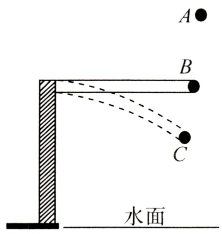
A. 两个小球的瞬时加速度均沿斜面向下，大小均为 $g\sin\theta$

B. B 球的受力情况未变，瞬时加速度为零

C. A 球的瞬时加速度沿斜面向下，大小为 $2g\sin\theta$

D. 弹簧有收缩的趋势，B 球的瞬时加速度向上，A 球的瞬时加速度向下，瞬时加速度都不为零

7. 如图所示，运动员"3 m 跳板跳水"运动的过程可简化为：运动员走上跳板，将跳板从水平位置 B 压到最低点 C，跳板又将运动员竖直向上弹到最高点 A，然后运动员做自由落体运动，竖直落入水中。跳板自身重力忽略不计，则下列说法正确的是(　　)



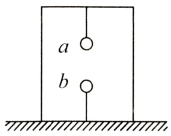
A. 运动员向下运动($B\to C$)的过程中，先失重后超重，对板的压力先减小后增大

B. 运动员向下运动($B\to C$)的过程中，先失重后超重，对板的压力一直增大

C. 运动员向上运动($C\to B$)的过程中，超重，对板的压力先增大后减小

D. 运动员向上运动($C\to B$)的过程中，超重，对板的压力一直减小

8. 如图，在水平面上的箱子内，带异种电荷的小球 a、b 用绝缘细线分别系于上、下两边，处于静止状态。地面受到的压力为 F_N，球 b 所受细线的拉力为 F。剪断连接球 b 的细线后，在球 b 上升过程中地面受到的压力(　　)



A. 小于 F_N　　　　B. 等于 F_N

C. 等于 F_N+F　　　　D. 大于 F_N+F

9. 两实心小球甲和乙由同一种材料制成，甲球质量大于乙球质量。两球在空气中由静止下落，假设它们运动时受到的阻力与球的半径成正比，与球的速率无关。若它们下落相同的距离，则(　　)

A. 甲球用的时间比乙球长

B. 甲球末速度的大小大于乙球末速度的大小

C. 甲球加速度的大小小于乙球加速度的大小

D. 甲球克服阻力做的功大于乙球克服阻力做的功

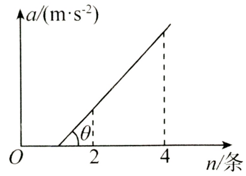
10. 以不同初速度将两个物体同时竖直向上抛出并开始计时，一个物体所受空气阻力可忽略，另一个物体所受空气阻力大小与物体速率成正比。下列用虚线和实线描述两物体运动的 $v-t$ 图象可能正确的是(　　)



11. 在一东西向的水平直铁轨上，停放着一列已用挂钩连接好的车厢。当机车在东边拉着这列车厢以大小为 a 的加速度向东行驶时，连接某两相邻车厢的挂钩 P 和 Q 间的拉力大小为 F；当机车在西边拉着车厢以大小为 $\frac{2}{3}a$ 的加速度向西行驶时，P 和 Q 间的拉力大小仍为 F。不计车厢与铁轨间的摩擦，每节车厢质量相同，则这列车厢的节数可能为(　　)

A. 8　　　　B. 10　　　　C. 15　　　　D. 18

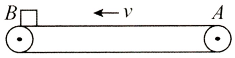
12. 先后用相同材料制成的橡皮条彼此平行地沿水平方向拉同一质量为 m 的物块，且每次使橡皮条的伸长量均相同，物块 m 在橡皮条的拉力作用下所产生的加速度 a 与所拉橡皮条的数目 n 的关系如图所示。若更换物块所在水平面的材料，再重复这个实验，则图中直线与水平轴间的夹角 θ 将(　　)



A. 变大　　B. 不变

C. 变小　　D. 与水平面的材料有关

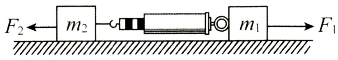
13. 水平传送带被广泛地应用于机场和火车站，用于对旅客的行李进行安全检查。如下图所示为一水平传送带装置示意图，紧绷的传送带 AB 始终保持 $v=1$ m/s 的恒定速率运行。旅客把行李无初速度地放在 A 处，设行李与传送带之间的动摩擦因数 $\mu=0.1$，AB 间的距离为 2 m，g 取 10 m/s^2。若乘客把行李放到传送带的同时也以 $v=1$ m/s 的恒定速度平行于传送带运动去 B 处取行李，则(　　)



A. 乘客与行李同时到达 B　　B. 乘客提前 0.5 s 到达 B

C. 行李提前 0.5 s 到达 B　　D. 若传送带速度足够大，行李最快也要 3 s 才能到达 B

14. 如图所示，两个质量分别为 $m_1=1$ kg、$m_2=4$ kg 的物体置于光滑的水平面上，中间用轻质弹簧秤连接。两个大小分别为 $F_1=30$ N、$F_2=20$ N 的水平拉力分别作用在 m_1、m_2 上，则达到稳定状态后，下列说法正确的是(　　)



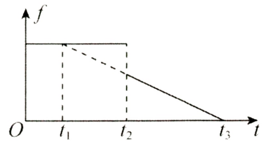
A. 弹簧秤的示数是 25 N

B. 弹簧秤的示数是 50 N

C. 在突然撤去 F_2 的瞬间，m_2 的加速度大小为 7 m/s^2

D. 在突然撤去 F_1 的瞬间，m_1 的加速度大小为 13 m/s^2

15. 用水平力 F 拉着一物体在水平地面上做匀速运动，从某时刻起力 F 随时间均匀减小，物体所受的摩擦力 f 随时间 t 的变化如图中实线所示，下列说法正确的是(　　)



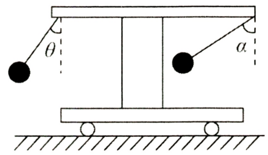
A. F 是从 t_1 时刻开始减小的，t_2 时刻物体的速度刚变为零

B. F 是从 t_1 时刻开始减小的，t_3 时刻物体的速度刚变为零

C. F 是从 t_2 时刻开始减小的，t_2 时刻物体的速度刚变为零

D. F 是从 t_2 时刻开始减小的，t_3 时刻物体的速度刚变为零

16. 如图所示，小车上有一根固定的水平横杆，横杆左端固定的轻杆与竖直方向成 θ 角，轻杆下端连接一小铁球；横杆右端用一根细线悬挂一小铁球，当小车做匀变速直线运动时，细线保持与竖直方向成 α 角，若 $\theta<\alpha$，则下列说法中正确的(　　)



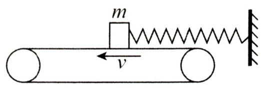
A. 轻杆对小球的弹力方向沿着轻杆方向向上

B. 轻杆对小球的弹力方向与细线平行向上

C. 小车一定以加速度 $g\tan\alpha$ 向右做匀加速运动

D. 小车一定以加速度 $g\tan\theta$ 向右做匀加速运动

17. 一皮带传送装置如图所示，皮带的速度 v 足够大，轻弹簧一端固定，另一端连接一个质量为 m 的滑块，已知滑块与皮带之间存在摩擦，当滑块放在皮带上时，弹簧的轴线恰好水平，若滑块放到皮带的瞬间，滑块的速度为零，且弹簧正好处于自由长度，则当弹簧从自由长度到第一次达最长这一过程中，物体的速度和加速度变化的情况是(　　)



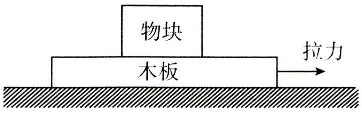
A. 速度增大，加速度增大

B. 速度增大，加速度减小

C. 速度先增大后减小，加速度先增大后减小

D. 速度先增大后减小，加速度后减小后增大

18. 如图所示，一足够长的木板静止在光滑水平面上，一物块静止在木板上，木板和物块间有摩擦。现用水平力向右拉木板，当物块相对木板滑动了一段距离但仍有相对运动时，撤掉拉力，此后木板和物块相对于水平面的运动情况为(　　)



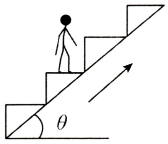
A. 物块先向左运动，再向右运动

B. 物块向右运动，速度逐渐增大，直到做匀速运动

C. 木板向右运动，速度逐渐变小，直到做匀速运动

D. 木板和物块的速度都逐渐变小，直到为零

19. 如图所示，电梯与水平地面成θ角，一人静止站在电梯水平梯板上，电梯以恒定加速度a启动过程中，水平梯板对人的支持力和摩擦力分别为F_N和f。若电梯启动加速度减小为$\frac{a}{2}$，则下面结论正确的是(　　)



A. 水平梯板对人的支持力变为$\frac{F_N}{2}$

B. 水平梯板对人的摩擦力变为$\frac{f}{2}$

C. 电梯加速启动过程中，人处于失重状态

D. 水平梯板对人的摩擦力和支持力之比为$\frac{f}{F_N}$

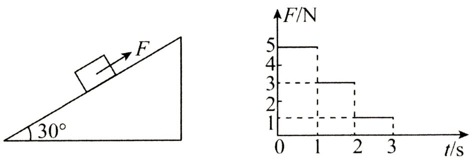
20. 如图甲所示，倾角为30°的足够长的光滑斜面上，有一质量$m=0.8$ kg的物体受到平行斜面向上的力F作用，其大小F随时间t变化的规律如图乙所示，$t=0$时刻物体速度为零，重力加速度$g=10$ m/s^2。下列说法正确的是(　　)

A. 0～1 s时间内物体的加速度最大

B. 第2 s末物体的速度不为零

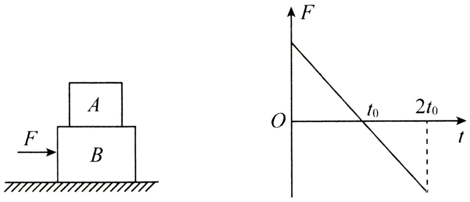
C. 2～3 s时间内物体向下做匀加速直线运动

D. 第3 s末物体回到了原来的出发点



甲　　乙

21. 如图甲所示，A、B两物体叠放在一起，放在光滑的水平面上，从静止开始受到一变力F的作用，该力与时间的关系如图乙所示，A、B始终相对静止；则下列说法正确的是(　　)

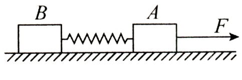


甲　　乙

A. t_0时刻，A、B间静摩擦力最大　　B. t_0时刻，B速度最大

C. $2t_0$时刻，A、B间静摩擦力为零　　D. $2t_0$时刻，A、B位移最大

22. 如图所示，A、B两物体之间用轻质弹簧连接，用水平恒力F拉A，使A、B一起沿光滑水平面做匀加速直线运动，这时弹簧长度为L_1；若将A、B置于粗糙水平面上，用相同的水平恒力F拉A，使A、B一起做匀加速直线运动，此时弹簧长度为L_2。若A、B与粗糙水平面之间的动摩擦因数相同，则下列关系式正确的是(　　)



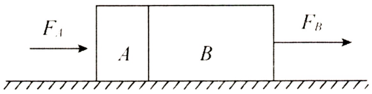
A. $L_2<L_1$

B. $L_2>L_1$

C. $L_2=L_1$

D. 由于A、B质量关系未知，故无法确定L_1、L_2的大小关系

23. 在光滑水平面上放着紧靠在一起的 A、B 两物体，如图所示，B 的质量是 A 的 2 倍，B 受到向右的恒力 $F_B=2\ \text{N}$，A 受到的水平力 $F_A=(9-2t)\ \text{N}$（t 的单位是 s，以向右为力的正方向）。从 $t=0$ 开始计时，则（　　）



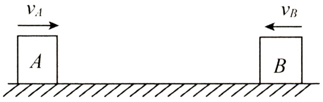
A. A 物体在 2 s 末时刻的加速度是初始时刻的 $\frac{5}{11}$

B. $t>4$ s 后，B 物体做匀加速直线运动

C. $t=4.5$ s 时，A 物体的速度为零

D. $t>4.5$ s 后，A、B 的加速度方向相同

24. 如图所示，两个小物体 A、B 放在水平地面上相距 9 m，现使它们分别以初速度 $v_A=6$ m/s 和 $v_B=2$ m/s 同时相向运动，已知两物体与地面间的动摩擦因数均为 0.2，则它们（　　）



A. 约经 0.92 s 相遇　　B. 约经 1.38 s 相遇

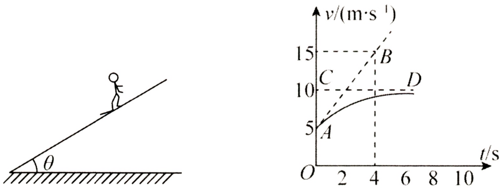
C. 经 2 s 相遇　　D. 不可能相遇

25. 为了使雨滴能尽快地淌离房顶，要设计好房顶的高度，设雨滴沿房顶下淌时做无初速度无摩擦的运动，那么如图所示的四种情况中符合要求的是（　　）



A　　B　　C　　D

26. 质量为 40 kg 的雪橇在倾角 $\theta=37°$ 的斜面上下滑如图甲所示，所受的空气阻力与速度成正比。今测得雪橇运动的 $v-t$ 图象如图乙所示，且 AB 是曲线的切线，B 点坐标为 (4,15)，CD 是曲线的渐近线。根据以上信息，不可以确定下列哪个物理量（　　）

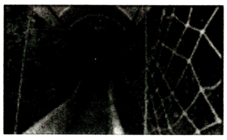


甲　　乙

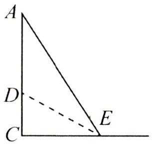
A. 空气的阻力系数　　B. 雪橇与斜面间的动摩擦因数

C. 雪橇在斜面上下滑的最大速度　　D. 雪橇达到最大速度时所用的时间

27. 如图甲是某景点的山坡滑道图片，为了探究滑行者在滑道直线部分 AE 滑行的时间。技术人员通过测量绘制出如图乙所示的示意图。AC 是滑道的竖直高度，D 点是 AC 竖直线上的一点，且有 $AD=DE=10$ m，滑道 AE 可视为光滑，滑行者从坡顶 A 点由静止开始沿滑道 AE 向下滑动，g 取 $10\ \text{m/s}^2$，则滑行者在滑道 AE 上滑行的时间为（　　）



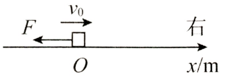
甲



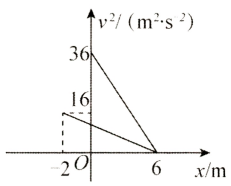
乙

A. $\sqrt{2}$ s　　B. 2 s　　C. $\sqrt{3}$ s　　D. $2\sqrt{2}$ s

28. 如图甲所示，质量 $m=1$ kg，初速度 $v_0=6$ m/s 的物块受水平向左的恒力 F 作用，在粗糙的水平地面上从 O 点开始向右运动，O 点为坐标原点，整个运动过程中物块速率的二次方随位置坐标变化的关系图象如图乙所示，g 取 10 m/s^2，下列说法中正确的是(　　)



甲

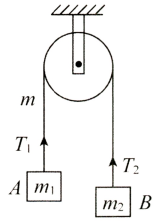


乙

A. $t=2$ s 时物块速度为零　　B. $t=3$ s 时物块回到 O 点

C. 恒力 F 大小为 2 N　　D. 物块与水平面间的动摩擦因数为 0.1

29. 如图，一不可伸长的轻质细绳跨过滑轮后，两端分别悬挂质量为 m_1 和 m_2 的物体 A 和 B。若滑轮有一定大小，质量为 m 且分布均匀，滑轮转动时与绳之间无相对滑动，不计滑轮与轴之间的摩擦。设细绳对 A 和 B 的拉力大小分别为 T_1 和 T_2。已知下列四个关于 T_1 的表达式中有一个是正确的，请你根据所学的物理知识，通过一定的分析，判断正确的表达式是(　　)



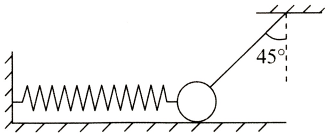
A. $T_1=\dfrac{(m+2m_2)m_1g}{m+2(m_1+m_2)}$

B. $T_1=\dfrac{(m+2m_1)m_2g}{m+4(m_1+m_2)}$

C. $T_1=\dfrac{(m+4m_2)m_1g}{m+2(m_1+m_2)}$

D. $T_1=\dfrac{(m+4m_1)m_2g}{m+4(m_1+m_2)}$

30. 在动摩擦因数 $\mu=0.2$ 的水平面上有一个质量为 $m=2$ kg 的小球，小球与水平轻弹簧及与竖直方向成 $\theta=45°$ 角的不可伸长的轻绳一端相连，如图所示，此时小球处于静止平衡状态，且水平面对小球的弹力恰好为零。当剪断轻绳的瞬间，取 $g=10$ m/s^2，以下说法正确的是(　　)



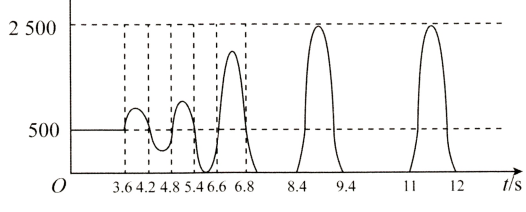
A. 此时轻弹簧的弹力大小为 20 N

B. 小球的加速度大小为 8 m/s，方向向左

C. 若剪断弹簧，则剪断的瞬间小球的加速度大小为 10 m/s^2，方向向右

D. 若剪断弹簧，则剪断的瞬间小球的加速度为 0

31. 在 2008 年北京奥运会上，我国体操运动员何雯娜取得女子蹦床项目金牌的优异成绩。通过传感器将弹簧床面与运动员间的弹力随时间的变化规律在计算机上绘制出如图所示的曲线，假设表演时运动员仅在竖直方向运动，当地重力加速度取 10 m/s^2，依据图象给出的信息可知，运动过程中运动员的质量和离开弹簧床上升的最大高度为(　　)

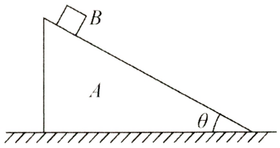


A. 250 kg　1.6 m　　B. 50 kg　3.2 m

C. 250 kg　4.8 m　　D. 50 kg　5 m

32. 有一些问题你可能不会求解，但是你仍有可能对这些问题的解是否合理进行分析和判断。例如从解的物理量单位，解随某些已知量变化的趋势，解在一些特殊条件下的结果等方面进行分析，并与预期结果、实验结论等进行比较，从而判断解的合理性或正确性。举例如下：如图所示，质量为 M、倾角为 θ 的斜面 A 放于水平地面上。把质量为 m 的滑块 B 放在 A 的斜面上，忽略一切摩擦，有人求得 B 相对地面的加速度 $a=\dfrac{M+m}{M+m\sin^2\theta}g\sin\theta$，式中 g 为重力加速度。

对于上述解，某同学首先分析了等号右侧量的单位，没发现问题。他进一步利用特殊条件对该解做了如下四项分析和判断，所得结论都是"解可能是对的"。但是，其中有一项是错误的。请你指出该项(　　)



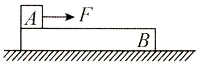
A. 当 $\theta=0°$ 时，该解给出 $a=0$，这符合常识，说明该解可能是对的

B. 当 $\theta=90°$ 时，该解给出 $a=g$，这符合实验结论，说明该解可能是对的

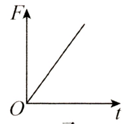
C. 当 $M\gg m$ 时，该解给出 $a=g\sin\theta$，这符合预期的结果，说明该解可能是对的

D. 当 $m\gg M$ 时，该解给出 $a=\dfrac{g}{\sin\theta}$，这符合预期的结果，说明该解可能是对的

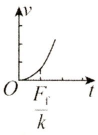
33. 如图甲所示，静止在光滑水平面上的长木板 B(长木板足够长)的左端放着小物块 A。某时刻，A 受到水平向右的外力 F 作用，F 随时间 t 的变化规律如图乙所示，即 $F=kt$，其中 k 为已知常数。若物体之间的滑动摩擦力 F_f 的大小等于最大静摩擦力，且 A、B 的质量相等，则下列图中可以定性地描述长木板 B 运动的 $v-t$ 图象的是(　　)



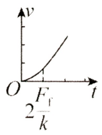
甲



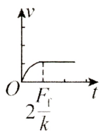
乙



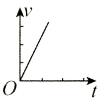
A



B

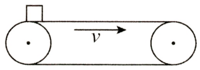


C



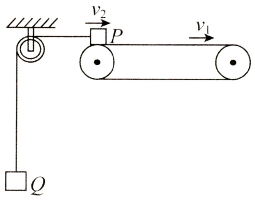
D

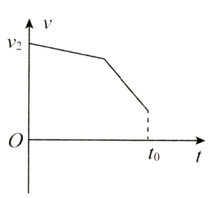
34. 如图所示，传送带的水平部分长为 L，传动速率为 v，在其左端无初速度释放一小木块，若木块与传送带间的动摩擦因数为 μ，则木块从左端运动到右端的时间可能是(　　)



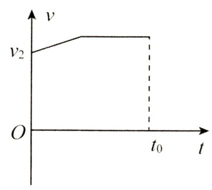
A. $\dfrac{L}{v}+\dfrac{v}{2\mu g}$　　B. $\dfrac{L}{v}$　　C. $\sqrt{\dfrac{2L}{\mu g}}$　　D. $\dfrac{2L}{v}$

35. 如图所示，水平传送带以速度 v_1 匀速运动，小物体 P、Q 由通过定滑轮且不可伸长的轻绳相连，$t=0$ 时刻 P 在传送带左端具有速度 v_2，P 与定滑轮间的绳水平，$t=t_0$ 时刻 P 离开传送带。不计定滑轮质量和摩擦，绳足够长。正确描述小物体 P 速度随时间变化的图象可能是(　　)

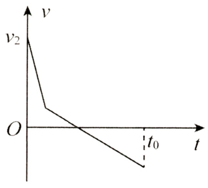




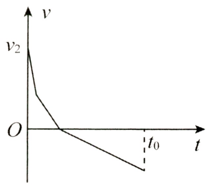
A



B



C



D

专题四　曲线运动

典例剖析

考点 1　曲线运动的轨迹

【例 1】一带负电荷的质点，在电场力作用下沿曲线 abc 从 a 运动到 c，已知质点的速率是递减的。关于 b 点电场强度 E 的方向，下列图示中可能正确的是(虚线是曲线在 b 点的切线)(　　)

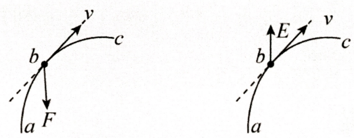


A　　　　B　　　　C　　　　D

●解析

答案：D

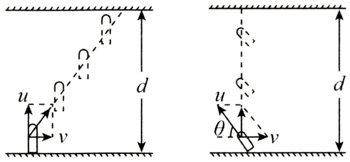
解析：物体做曲线运动时，受到的合外力方向指向轨迹的“凹”侧，考虑到质点的速率递减，所以合外力与速度成钝角，如图所示。又因为负电荷受到的电场力与电场方向相反，所以轨迹、速度与电场强度的方向关系如图所示。



感悟方法：物体做曲线运动的轨迹一定夹在合外力方向与速度方向之间，速度方向与轨迹相切，合外力方向指向轨迹的“凹”侧.

考点 2　小船渡河问题

【例 2】有一条两岸平直、河水均匀流动、流速恒为 v 的大河。小明驾着小船渡河，去程时船头指向始终与河岸垂直，回程时行驶路线与河岸垂直。去程与回程所用时间的比值为 k，船在静水中的速度大小相同，则小船在静水中的速度大小为(　　)



A. $\dfrac{kv}{\sqrt{k^2-1}}$　　B. $\dfrac{v}{\sqrt{1-k^2}}$　　C. $\dfrac{kv}{\sqrt{1-k^2}}$　　D. $\dfrac{v}{\sqrt{k^2-1}}$

●解析

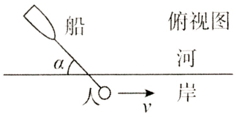
答案：B

解析：设河岸宽为 d，船速为 u，去程时船头指向始终与河岸垂直，渡河时间 $t_1=\dfrac{d}{u}$；回程时行驶路线与河岸垂直 $t_2=\dfrac{d}{\sqrt{u^2-v^2}}$，则根据渡河时间关系得 $\dfrac{d}{u}:\dfrac{d}{\sqrt{u^2-v^2}}=k$，解得 $u=\dfrac{v}{\sqrt{1-k^2}}$，所以 B 选项正确.

感悟方法：船的实际运动就是合运动，这个运动也是水流的运动和船相对静水的运动的合运动。船头指向始终与河岸垂直，小船渡河时间最短；行驶路线与河岸垂直，渡河位移最短。

考点 3　小船靠岸问题

【例 3】如图所示，人沿平直的河岸以速度 v 行走，且通过不可伸长的绳拖船，船沿绳的方向行进，此过程中绳始终与水面平行。当绳与河岸的夹角为 α 时，船的速率为(　　)



A. $v\sin\alpha$

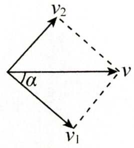
B. $\dfrac{v}{\sin\alpha}$

C. $v\cos\alpha$

D. $\dfrac{v}{\cos\alpha}$

● 解析

答案：C



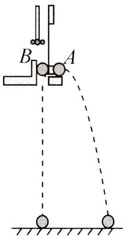
解析：将人的运动分解为沿绳方向的分运动(分速度为 v_1)和与绳垂直方向的分运动(分速度为 v_2)，如图所示. 船的速率等于沿绳方向的分速度 $v_{船}=v\cos\alpha$。所以正确答案选 C。

此题还可以利用：绳子连接体的两端物体的速度在绳子上的投影速度大小相等来解，即人的速度 v 在绳子方向的分量等于船速，故 $v_{船}=v\cos\alpha$，正确答案选 C。

感悟方法：解决“小船靠岸”问题的基本方法是运动的合成与分解，具体处理时，一定要注意物体的实际运动是合运动(人的运动)；解决此问题的一种巧妙方法是利用“绳子连接体的两端物体的速度在绳子上的投影速度相同”来解，会更加方便。

考点 4　平抛运动规律的理解

【例 4】为了验证平抛运动的小球在竖直方向上做自由落体运动，用如图所示的装置进行实验。小锤打击弹性金属片，A 球水平抛出，同时 B 球被松开，自由下落。关于该实验，下列说法中正确的有(　　)



A. 两球的质量应相等

B. 两球应同时落地

C. 应改变装置的高度，多次实验

D. 实验也能说明 A 球在水平方向上做匀速直线运动

● 解析

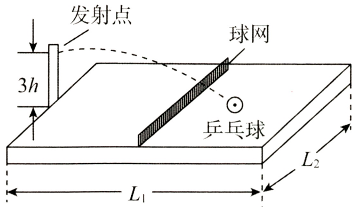
答案：BC

解析：根据合运动与分运动的等时性和独立性特点可知，两球应同时落地，为减小实验误差，应改变装置的高度，多次实验，选项 B、C 正确；平抛运动的实验与小球的质量无关，选项 A 错误；此实验只能说明 A 球在竖直方向做自由落体运动，选项 D 错误。答案 BC。

感悟方法：平抛运动是一种匀变速曲线运动，处理时可以采用运动的合成与分解法，将平抛运动分解为水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动。

考点 5　平抛运动的临界问题

【例 5】一带有乒乓球发射机的乒乓球台如图所示。水平台面的长和宽分别为 L_1 和 L_2，中间球网高度为 h。发射机安装于台面左侧边缘的中点，能以不同速率向右侧不同方向水平发射乒乓球，发射点距台面高度为 $3h$。不计空气的作用，重力加速度大小为 g。若乒乓球的发射速率 v 在某范围内，通过选择合适的方向，就能使乒乓球落到球网右侧台面上，则 v 的最大取值范围是(　　)



A. $\frac{L_1}{2}\sqrt{\frac{g}{6h}}<v<L_1\sqrt{\frac{g}{6h}}$

B. $\frac{L_1}{4}\sqrt{\frac{g}{h}}<v<\sqrt{\frac{(4L_1^2+L_2^2)g}{6h}}$

C. $\frac{L_1}{2}\sqrt{\frac{g}{6h}}<v<\frac{1}{2}\sqrt{\frac{(4L_1^2+L_2^2)g}{6h}}$

D. $\frac{L_1}{4}\sqrt{\frac{g}{h}}<v<\frac{1}{2}\sqrt{\frac{(4L_1^2+L_2^2)g}{6h}}$

● 解析

答案：D

解析：设以速率 v_1 发射乒乓球，经过时间 t_1 刚好落到球网正中间。则竖直方向上有 $3h-h=\frac{1}{2}gt_1^2$　①

水平方向上有 $\frac{L_1}{2}=v_1t_1$　②

由①②两式可得 $v_1=\frac{L_1}{4}\sqrt{\frac{g}{h}}$

设以速率 v_2 发射乒乓球，经过时间 t_2 刚好落到球网右侧台面的两角处，在竖直方向有 $3h=\frac{1}{2}gt_2^2$　③

在水平方向有 $\sqrt{\left(\frac{L_2}{2}\right)^2+L_1^2}=v_2t_2$　④

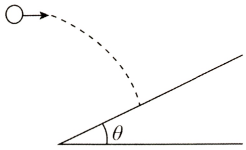
由③④两式可得 $v_2=\frac{1}{2}\sqrt{\frac{(4L_1^2+L_2^2)g}{6h}}$

则 v 的最大取值范围为 $v_1<v<v_2$。故选项 D 正确。

感悟方法：对于临界问题，处理的方法有两种，一种是数学方法，即根据物理现象列出函数表达式，然后求出临界值；另一种是物理方法，即通过对现象的分析，找到临界现象，然后针对临界现象运用物理规律求出这个临界值。本题利用的是物理方法。

考点 6　与斜面有关的平抛运动

【例 6】一水平抛出的小球落到一倾角为 θ 的斜面上时，其速度方向与斜面垂直，运动轨迹如图中虚线所示。小球在竖直方向下落的距离与在水平方向通过的距离之比为(　　)



A. $\tan\theta$

B. $2\tan\theta$

C. $\frac{1}{\tan\theta}$

D. $\frac{1}{2\tan\theta}$

解析

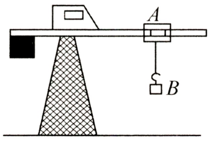
答案：D

解析：小球在竖直方向下落的距离与水平方向通过的距离之比即为平抛运动合位移与水平方向夹角的正切值。小球落在斜面上时的速度方向与斜面垂直，故速度方向与水平方向夹角为$\frac{\pi}{2}-\theta$，由平抛运动结论：平抛运动速度方向与水平方向夹角正切值为位移方向与水平方向夹角正切值的2倍，可知：小球在竖直方向下落的距离与水平方向通过的距离之比为$\frac{1}{2\tan\theta}$，D项正确。

感悟方法：对于平抛运动遇到斜面（或是水平面、竖直面、圆面等）问题，我们不要被表象所迷惑，要明确的是，不论平抛运动遇到什么"面"，都是对平抛运动的时间与空间进行约束，我们只要找到这些条件并与平抛运动规律结合，问题就能迎刃而解。

考点7　类平抛运动

【例7】如图所示的塔吊臂上有一可以沿水平方向运动的小车A，小车下装有吊着物体B的吊钩，在小车A与物体B以相同的水平速度沿吊臂方向匀速运动的同时，吊钩将物体B向上吊起，A、B之间的距离以$d=H-2t^2$(SI)（SI表示国际单位制，式中H为吊臂离地面的高度）规律变化，则物体做（　　）



A. 速度大小不变的曲线运动

B. 速度大小增加的曲线运动

C. 加速度大小方向均不变的曲线运动

D. 加速度大小方向均变化的曲线运动

解析

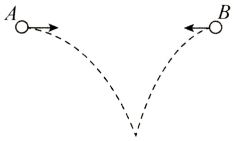
答案：BC

解析：B物体参与了两个运动，一个是水平方向的匀速运动，另一个是在竖直方向上的运动，由$d=H-2t^2$可知，A、B之间距离匀加速减小，且加速度$a=4\ \text{m/s}^2$，因此B在竖直方向上做匀加速运动，两个运动的合成为匀加速曲线运动。

感悟方法：对于初速度与加速度相垂直的匀变速曲线运动，我们都可以称之为"类平抛运动"，解决这一类问题时，我们只要"引进"平抛运动的规律，作加速度的等效替换，问题都能顺利求解。

考点8　多个物体的平抛运动

【例8】如图所示，A、B两小球从相同高度同时水平抛出，经过时间t在空中相遇，若两球的抛出速度都变为原来的2倍，则两球从抛出到相遇经过的时间为



A. t　　　　B. $\frac{\sqrt{2}}{2}t$

C. $\frac{t}{2}$　　　　D. $\frac{t}{4}$

解析

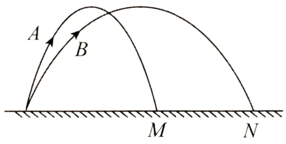
答案:C

解析:设两球间的水平距离为 L,第一次抛出的速度分别为 v_1、v_2,由于小球抛出后在水平方向上做匀速直线运动,则从抛出到相遇经过的时间 $t=\frac{L}{v_1+v_2}$,若两球的抛出速度都变为原来的 2 倍,则从抛出到相遇经过的时间为 $t'=\frac{L}{2(v_1+v_2)}=\frac{t}{2}$,C 项正确。

感悟方法:两物体同时从同一高度抛出,则两物体始终在同一高度,二者间距只取决于两物体的水平分运动。相对运动为匀速运动。

考点 9　斜抛运动的处理

【例 9】如图所示,从地面上同一位置抛出两小球 A、B,分别落在地面上的 M、N 点,两球运动的最大高度相同。空气阻力不计,则(　　)



A. B 的加速度比 A 的大

B. B 的飞行时间比 A 的长

C. B 在最高点的速度比 A 在最高点的大

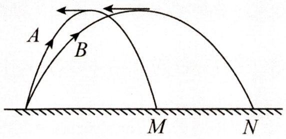
D. B 在落地时的速度比 A 在落地时的大

解析

答案:CD

解析:抛体运动的加速度相同,都为 g,故 A 错;两球运动的最大高度相同,表明两小球 A、B 的竖直方向运动相同,运动时间相同,故 B 错;小球 B 水平距离远,$v=\frac{x}{t}$,表明小球 B 的水平速度大,B 在最高点的速度比 A 在最高点的大,故 C 对;落地时,两小球 A、B 竖直方向速度相同,而小球 B 的水平速度大,B 在落地时的速度比 A 在落地时的大,故 D 对。故正确答案为 CD。

另解:抛体运动的加速度相同,都为 g,故 A 选项错误;将每个斜抛运动切割成两段,对于左侧运动,利用逆向法,可将其看成平抛运动,并且两个平抛运动落在同一点。由于高度相同,所以时间相同,竖直速度相同,水平位移物体 B 较大,所以 B 的水平速度较大,B 选项错误,C 选项正确;落地速度为水平速度与竖直速度的合成,所以 B 的落地速度较大,故正确答案为 CD。



感悟方法:对于斜抛运动,我们的处理方法有两种:一种是将斜抛运动进行分解,分解为竖直方向的竖直上抛运动与水平方向的匀速直线运动。另一种是根据对称原理,将斜抛运动切割为两个运动,右侧的运动就是一个平抛运动,左侧的运动根据逆向思维,也可以看成一个平抛运动。

考点 10　匀速圆周运动的运动学分析

【例 10】火车以 60 m/s 的速率转过一段弯道,某乘客发现放在桌面上的指南针在 10 s 内匀速转过了约 10°。在此 10 s 时间内,火车(　　)

A. 运动路程为 600 m　　B. 加速度为零

C. 角速度约为 1 rad/s　　D. 转弯半径约为 3.4 km

●解析

答案:AD

解析:在此 10 s 时间内,火车运动路程 $s=vt=60\times10\ \text{m}=600\ \text{m}$,选项 A 正确;

火车在弯道上运动,做曲线运动,一定有加速度,选项 B 错误;

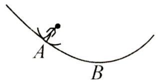
火车匀速转过 $10°$,约为 $\frac{1}{5.7}$ rad,角速度 $\omega=\frac{\theta}{t}=\frac{1}{57}$ rad/s,选项 C 错误;

由 $v=\omega R$,可得转弯半径约为 3.4 km,选项 D 正确。正确答案为 AD。

感悟方法:匀速圆周运动的基本规律有两个:一个是 $v=\omega r$,当 r 一定时,v 与 ω 成正比。当 ω 一定时,v 与 r 成正比。当 v 一定时,ω 与 r 成反比。另一个是 $a_n=\frac{v^2}{r}=\omega^2 r$,在 v 一定时,a_n 与 r 成反比;在 ω 一定时,a_n 与 r 成正比。

考点 11 匀速圆周运动的动力学分析

【例 11】滑雪运动深受人民群众的喜爱,某滑雪运动员(可视为质点)由坡道进入竖直面内的圆弧形滑道 AB,从滑道的 A 点滑行到最低点 B 的过程中,由于摩擦力的存在,运动员的速率不变,则运动员沿 AB 下滑过程中(　　)



A. 所受合外力始终为零

B. 所受摩擦力大小不变

C. 合外力做功一定为零

D. 机械能始终保持不变

●解析

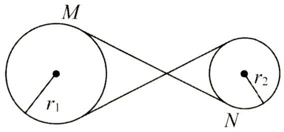
答案:C

解析:运动员做匀速圆周运动,所受合外力指向圆心,A 项错误;因为运动员速率不变,由动能定理可知,合外力做功一定为零,C 项正确;运动员所受滑动摩擦力大小随运动员对滑道压力大小的变化而变化,B 项错误;运动员动能不变,重力势能减少,所以机械能减少,D 项错误。

感悟方法:物体做匀速圆周运动,从动力学角度看,物体受到的合外力提供向心力,也就是说物体受到的合外力必指向圆心。

考点 12 传动问题分析

【例 12】图示为某一皮带传动装置。主动轮的半径为 r_1,从动轮的半径为 r_2。已知主动轮做顺时针转动,转速为 n,转动过程中皮带不打滑,下列说法正确的是(　　)



A. 从动轮做顺时针转动

B. 从动轮做逆时针转动

C. 从动轮的转速为 $\frac{r_1}{r_2}n$

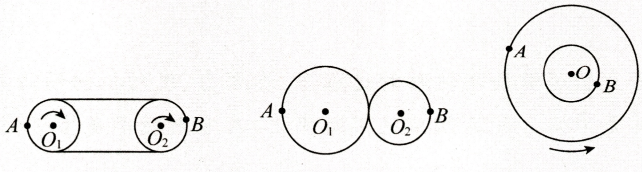
D. 从动轮的转速为 $\frac{r_2}{r_1}n$

解析

答案：BC

解析：因为皮带不打滑，两轮缘上各点的线速度等大，各点做圆周运动的速度方向为切线方向，则皮带上的 M、N 点均沿 MN 方向运动，从动轮沿逆时针方向转动，B 对，A 错。根据线速度与角速度的关系式：$v=r\omega$，$\omega=2\pi n$ 所以 $n:n_2=r_2:r_1$，$n_2=\frac{r_1}{r_2}n$，C 对，D 错.

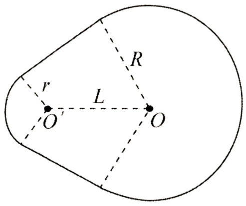
感悟方法：传动问题有三种：第一种是皮带传动，如图甲所示有 $v_A=v_B$；第二种是摩擦传动，如图乙有 $v_A=v_B$；第三种是同轴传动，如图丙有 $\omega_A=\omega_B$。



甲　　乙　　丙

考点 13　匀速圆周运动的临界问题

【例 13】如图所示为赛车场的一个“梨形”赛道，两个弯道分别为半径 $R=90$ m 的大圆弧和 $r=40$ m 的小圆弧，直道与弯道相切。大、小圆弧圆心 O、O' 距离 $L=100$ m。赛车沿弯道路线行驶时，路面对轮胎的最大径向静摩擦力是赛车重力的 2.25 倍，假设赛车在直道上做匀变速直线运动，在弯道上做匀速圆周运动，要使赛车不打滑，绕赛道一圈时间最短时(　　)(发动机功率足够大，重力加速度 $g=10$ m/s^2，$\pi=3.14$)



A. 在绕过小圆弧弯道后加速

B. 在大圆弧弯道上的速率为 45 m/s

C. 在直道上的加速度大小为 5.63 m/s^2

D. 通过小圆弧弯道的时间为 5.85 s

解析

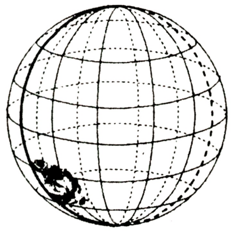
答案：AB

解析：在弯道上以最大速度做匀速圆周运动时，根据牛顿第二定律有 $f_{径}=m\frac{v_m^2}{r}$，故当弯道半径一定时，在弯道上的最大速度是一定的，且在大弯道上的最大速度大于小弯道上的最大速度，故要想时间最短，可在绕过小圆弧弯道后加速，选项 A 正确；在大圆弧弯道上的速率为 $v_{mR}=\sqrt{kgR}=\sqrt{2.25\times10\times90}$ m/s$=45$ m/s，选项 B 正确；直道的长度为 $x=\sqrt{L^2-(R-r)^2}=50\sqrt{3}$ m，在小弯道上的最大速度：$v_{mr}=\sqrt{kgr}=\sqrt{2.25\times10\times40}$ m/s$=30$ m/s，故在直道上的加速度大小为 $a=\frac{v_{mR}^2-v_{mr}^2}{2x}=\frac{45^2-30^2}{2\times50\sqrt{3}}$ m/s$^2\approx$ 6.50 m/s^2，选项 C 错误；由几何关系可知，小圆弧轨道的长度为 $\frac{2\pi r}{3}$，通过小圆弧弯道的时间为 $t=\frac{\frac{2\pi r}{3}}{v_{mr}}=\frac{2\times3.14\times40}{3\times30}$ s≈2.80 s，选项 D 错误；故选 AB。

感悟方法：对于水平面内靠静摩擦力提供向心力的临界问题，当速度达到最大值时，静摩擦力也达到最大静摩擦力。

考点 14 绳球模型

【例 14】“时空之旅”飞车表演时，演员驾着摩托车，在球形金属网内壁上下盘旋，令人惊叹不已，摩托车沿图示竖直轨道做圆周运动的过程中(　　)



A. 机械能一定守恒

B. 其输出功率始终保持恒定

C. 经过最低点时的向心力仅由支持力提供

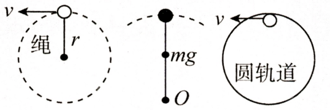
D. 通过最高点时的最小速度与球形金属网直径有关

解析

答案：D

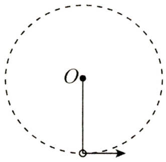
解析：摩托车在竖直轨道做圆周运动的过程中，摩擦力、发动机的动力都要做功，机械能不守恒；摩托车在运动过程中，其受力情况和运动情况不断变化，其输出功率发生变化；在最低点时向心力由重力和支持力来提供；通过最高点时，满足最小速度时的向心力仅由重力提供，即：$mg=m\frac{v^2}{R}$，$v=\sqrt{gR}$，故 D 项正确。

感悟方法：绳拉球在竖直平面内做圆周运动，小球能通过最高点的最小速度 $v_{\min}=\sqrt{gR}$，此时只有重力提供向心力 $mg=m\frac{v^2}{R}$。另外，对于如图所示圆轨道的情况，与绳拉球模型等效。



考点 15 杆球模型

【例 15】如图所示，轻杆的一端有一个小球，另一端有光滑的固定轴 O，现给球一初速度，使球和杆一起绕 O 轴在竖直面内转动，不计空气阻力，用 F 表示球到达最高点时杆对小球的作用力，则 F(　　)



A. 一定是拉力　　B. 一定是推力

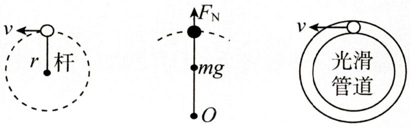
C. 一定等于零　　D. 可能是拉力，可能是推力，也可能等于零

解析

答案：D

解析：最高点球受重力 mg 与杆的作用力 F，由牛顿第二定律知 $mg+F=ma_{向}=m\frac{v^2}{R}$（$v$ 为球在最高点的速度，R 为球做圆周运动的半径），当 $v=\sqrt{gR}$ 时，$F=0$；当 $v>\sqrt{gR}$ 时，$F>0$，即拉力；当 $v<\sqrt{gR}$ 时，$F<0$，即推力。故 D 对。

感悟方法：杆拉球做竖直平面的圆周运动，小球能通过最高点的最小速度 $v_{\min}=0$，此时小球受到的重力与弹力平衡。另外，对于如图所示光滑管道的情况，与杆拉球模型等效。



1. 关于物体所受合外力的方向，下列说法正确的是(　　)

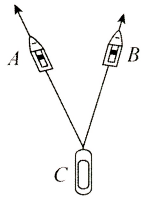
A. 物体做速率逐渐增加的直线运动时，其所受合外力的方向一定与速度方向相同

B. 物体做变速率曲线运动时，其所受合外力的方向一定改变

C. 物体做变速率圆周运动时，其所受合外力的方向一定指向圆心

D. 物体做匀速率曲线运动时，其所受合外力的方向总是与速度方向垂直

2. 如图为在平静海面上，两艘拖船 A、B 拖着驳船 C 运动的示意图。A、B 的速度分别沿着缆绳 CA、CB 方向，A、B、C 不在一条直线上。由于缆绳不可伸长，因此 C 的速度在 CA、CB 方向的投影分别与 A、B 的速度相等，由此可知 C 的(　　)



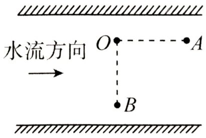
A. 速度大小可以介于 A、B 的速度大小之间

B. 速度大小一定不小于 A、B 的速度大小

C. 速度方向可能在 CA 和 CB 的夹角范围外

D. 速度方向一定在 CA 和 CB 的夹角范围内

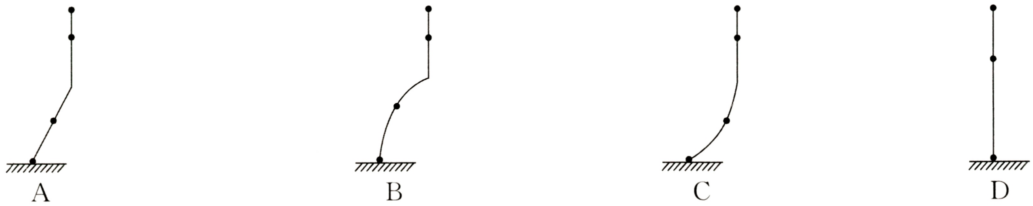
3. 如图所示，甲、乙两同学从河中 O 点出发，分别沿直线游到 A 点和 B 点后，立即沿原路线返回到 O 点，OA、OB 分别与水流方向平行和垂直，且 $OA=OB$。若水流速度不变，两人在静水中游速相等，则他们所用时间 $t_甲$、$t_乙$ 的大小关系为(　　)



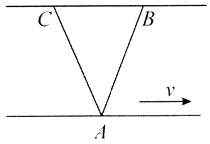
A. $t_甲<t_乙$　　　　B. $t_甲=t_乙$

C. $t_甲>t_乙$　　　　D. 无法确定

4. 一辆静止在水平地面上的汽车里有一个小球从高处自由下落，下落一半高度时汽车突然向右匀加速运动，站在车厢里的人观测到小球的运动轨迹是图中的(　　)



5. 如图所示为一条河流，河水流速为 v，一只船从 A 点先后两次渡河到对岸，船在静水中行驶的速度为 u，第一次船头向着 AB 方向行驶，渡河时间为 t_1，船的位移为 s_1；第二次船头向着 AC 方向行驶，渡河时间为 t_2，船的位移为 s_2。若 AB、AC 与河岸的垂线方向的夹角相等，则有(　　)



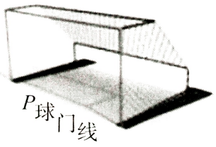
A. $t_1>t_2$　$s_1<s_2$　　　　B. $t_1<t_2$　$s_1>s_2$

C. $t_1=t_2$　$s_1<s_2$　　　　D. $t_1=t_2$　$s_1>s_2$

6. 在水平冰面上，狗拉着雪橇做匀速圆周运动，O 点为圆心。下图中能正确的表示雪橇受到的牵引力 F 及摩擦力 F_f 的图是(　　)



7. 如图所示为足球球门，球门宽为 L。一个球员在球门中心正前方距离球门 s 处高高跃起，将足球顶入球门的左下方死角（图中 P 点）。球员顶球点的高度为 h，足球做平抛运动（足球可看做质点，忽略空气阻力）则（　　）



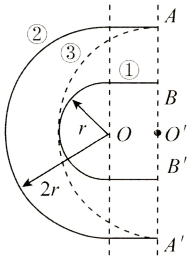
A. 足球位移大小 $x=\sqrt{\frac{L^2}{4}+s^2}$

B. 足球初速度的大小 $v_0=\sqrt{\frac{g}{2h}(\frac{L^2}{4}+s^2)}$

C. 足球末速度的大小 $v=\sqrt{\frac{g}{2h}(\frac{L^2}{4}+s^2)+4gh}$

D. 足球初速度的方向与球门线夹角的正切值 $\tan\theta=\frac{L}{2s}$

8. 如图所示为赛车场的一个水平"U"形弯道，转弯处为圆心在 O 点的半圆，内外半径分别为 r 和 $2r$。一辆质量为 m 的赛车通过 AB 线经弯道到达 $A'B'$ 线，有如图所示的①、②、③三条路线，其中路线③是以 O' 为圆心的半圆，$OO'=r$。赛车沿圆弧路线行驶时，路面对轮胎的最大径向静摩擦力为 F_{max}。选择路线，赛车以不打滑的最大速率通过弯道（所选路线内赛车速率不变，发动机功率足够大），则（　　）



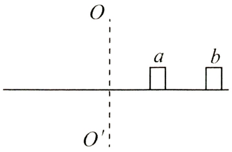
A. 选择路线①，赛车经过的路程最短

B. 选择路线②，赛车的速率最小

C. 选择路线③，赛车所用时间最短

D. ①、②、③三条路线的圆弧上，赛车的向心加速度大小相等

9. 如图所示，两个质量均为 m 的小木块 a 和 b（可视为质点）放在水平圆盘上，a 与转轴 OO' 的距离为 l，b 与转轴的距离为 $2l$。木块与圆盘的最大静摩擦力为木块所受重力的 k 倍，重力加速度大小为 g，若圆盘从静止开始绕转轴缓慢地加速转动，用 ω 表示圆盘转动的角速度。下列说法正确的是（　　）



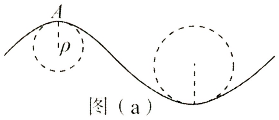
A. b 一定比 a 先开始滑动

B. a、b 所受的摩擦力始终相等

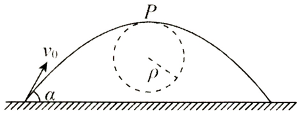
C. $\omega=\sqrt{\frac{kg}{2l}}$ 是 b 开始滑动的临界角速度

D. 当 $\omega=\sqrt{\frac{2kg}{3l}}$ 时，a 所受摩擦力的大小为 kmg

10. 一般的曲线运动可以分成很多小段，每小段都可以看成圆周运动的一部分，即把整条曲线用一系列不同半径的小圆弧来代替。如图(a)所示，曲线上 A 点的曲率圆定义为：通过 A 点和曲线上紧邻 A 点两侧的两点作一圆，在极限情况下，这个圆就叫做 A 点的曲率圆，其半径 ρ 叫做 A 点的曲率半径。现将一物体沿与水平面成 α 角的方向以速度 v_0 抛出，如图(b)所示。则在其轨迹最高点 P 处的曲率半径是（　　）



图(a)



图(b)

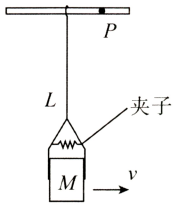
A. $\frac{v_0^2}{g}$

B. $\frac{v_0^2\sin^2\alpha}{g}$

C. $\frac{v_0^2\cos^2\alpha}{g}$

D. $\frac{v_0^2\cos^2\alpha}{g\sin\alpha}$

11. 如图所示，一小物块被夹子夹紧，夹子通过轻绳悬挂在小环上，小环套在水平光滑细杆上，物块质量为 M，到小环的距离为 L，其两侧面与夹子间的最大静摩擦力均为 F。小环和物块以速度 v 向右匀速运动，小环碰到杆上的钉子 P 后立刻停止，物块向上摆动. 整个过程中，物块在夹子中没有滑动。小环和夹子的质量均不计，重力加速度为 g。下列说法正确的是(　　)



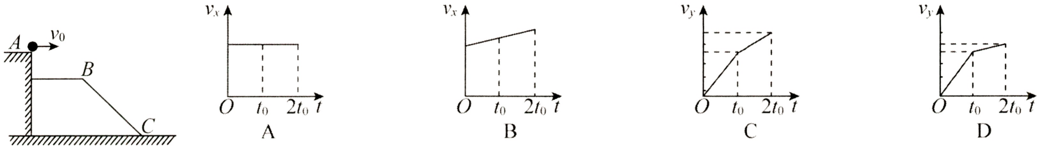
A. 物块向右匀速运动时，绳中的张力等于 $2F$

B. 小环碰到钉子 P 时，绳中的张力大于 $2F$

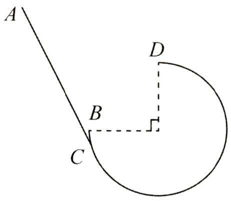
C. 物块上升的最大高度为 $\frac{2v^2}{g}$

D. 速度 v 不能超过 $\sqrt{\frac{(2F-Mg)L}{M}}$

12. 如图所示，一小钢球从平台上的 A 处以速度 v_0 水平飞出。经 t_0 时间落在斜坡上 B 处，此时速度方向恰好沿斜坡向下，接着小钢球从 B 处沿直线自由滑下，又经 t_0 时间到达坡上的 C 处. 斜坡 BC 与水平面夹角为 30°，不计摩擦阻力和空气阻力，则小钢球从 A 到 C 的过程中水平、竖直两方向的分速度 v_x、v_y 随时间变化的图象是(　　)



13. 如图所示，倾斜轨道 AC 与有缺口的圆轨道 BCD 相切于 C，圆轨道半径为 R，两轨道在同一竖直平面内，D 是圆轨道的最高点，缺口 DB 所对的圆心角为 90°，把一个小球从斜轨道上某处由静止释放，它下滑到 C 点后便进入圆轨道，要想使它上升到 D 点后再落到 B 点，不计摩擦，则下列说法正确的是(　　)



A. 释放点须与 D 点等高

B. 释放点须比 D 点高 $\frac{R}{4}$

C. 释放点须比 D 点高 $\frac{R}{2}$

D. 使小球经 D 点后再落到 B 点是不可能的

14. 在进行飞镖训练时，打飞镖的靶上共标有 10 环，且第 10 环的半径最小，为 1 cm，第 9 环的半径为 2 cm，……，以此类推，若靶的半径为 10 cm，当人离靶的距离为 5 m，将飞镖对准 10 环中心以水平速度 v 投出，$g=10\ m/s^2$。则下列说法中，不正确的是(　　)

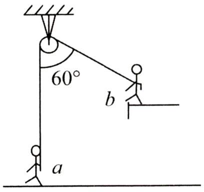
A. 当 $v \geqslant 50$ m/s 时，飞镖将射中第 8 环线以内

B. 当 $v \geqslant 50$ m/s 时，飞镖将射中第 6 环线以内

C. 若要击中第 10 环的圆内，飞镖的速度 v 至少应为 $50\sqrt{5}$ m/s

D. 若要击中靶子，飞镖的速度 v 至少应为 $25\sqrt{2}$ m/s

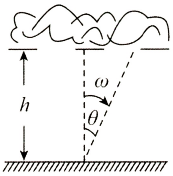
15. 如图所示，一根跨过光滑定滑轮的轻绳，两端各有一杂技演员(可视为质点)，a 站于地面，b 从图示的位置由静止开始向下摆动，运动过程中绳始终处于伸直状态，当演员 b 摆至最低点时，a 刚好对地面无压力，则演员 a 的质量与演员 b 的质量之比为(　　)



A. 1∶1　　B. 2∶1

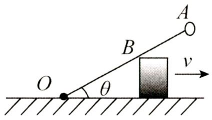
C. 3∶1　　D. 4∶1

16. 一探照灯照射在云层底面上，云层底面是与地面平行的平面，如图所示，云层底面距地面高 h，探照灯以匀角速度 ω 在竖直平面内转动，当光束转到与竖直方向夹角为 θ 时，云层底面上光点的移动速度是（　　）



A. $h\omega$　　B. $\frac{h\omega}{\cos\theta}$　　C. $\frac{h\omega}{\cos^2\theta}$　　D. $h\omega\tan\theta$

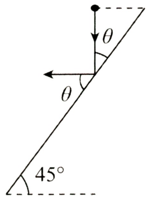
17. 如图所示，一根长为 l 的轻杆 OA，O 端用铰链固定，另一端固定着一个小球 A，轻杆靠在一个高为 h 的物块上。若物块与地面摩擦不计，则当物块以速度 v 向右运动至杆与水平方向夹角为 θ 时，物块与轻杆的接触点为 B，下列说法正确的是（　　）



A. A、B 的线速度相同　　B. A、B 的角速度不相同

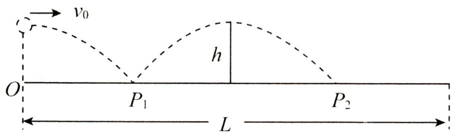
C. 轻杆转动的角速度为 $\frac{vl\sin^2\theta}{h}$　　D. 小球 A 的线速度大小为 $\frac{vl\sin^2\theta}{h}$

18. 如图所示，一长为 $\sqrt{2}L$ 的木板，倾斜放置，倾角为 45°，今有一弹性小球，自与木板上端等高的某处自由释放，小球落到木板上反弹时，速度大小不变，碰撞前后，速度方向与木板夹角相等，欲使小球恰好落到木板下端，则小球释放点距木板上端的水平距离为（　　）



A. $\frac{1}{2}L$　　B. $\frac{1}{3}L$　　C. $\frac{1}{4}L$　　D. $\frac{1}{5}L$

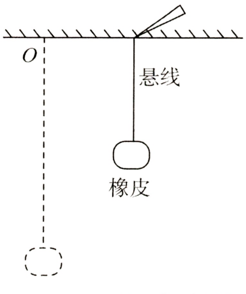
19. 在我国乒乓球运动有广泛的群众基础，并有“国球”的美誉，在 2008 年北京奥运会上中国选手包揽了四个项目的全部冠军。现讨论乒乓球发球问题，已知球台长 L、网高 h，若球在球台边缘 O 点正上方某高度处，以一定的垂直球网的水平速度发出，如图所示，球恰好在最高点时刚好越过球网。假设乒乓球反弹前后水平分速度不变，竖直分速度大小不变、方向相反，且不考虑乒乓球的旋转和空气阻力。则根据以上信息可以求出（设重力加速度为 g）（　　）



A. 球的初速度大小　　B. 发球时的高度

C. 球从发出到第一次落在球台上的时间　　D. 球从发出到被对方运动员接住的时间

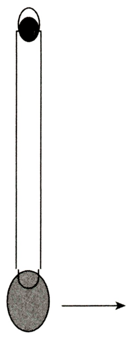
20. 如图所示，一块橡皮用细线悬挂于 O 点，用铅笔靠着线的左侧挑起细线水平向右匀速移动，运动中始终保持悬线竖直，则橡皮运动的速度（　　）



A. 大小和方向均不变　　B. 大小不变，方向改变

C. 大小改变，方向不变　　D. 大小和方向均改变

21. 一轻杆下端固定一质量为 m 的小球，上端连在光滑水平轴上，轻杆可绕水平轴在竖直平面内运动(不计空气阻力)，如图所示。当小球在最低点时给它一个水平初速度 v_0，小球刚好能做完整的圆周运动。若小球在最低点的初速度从 v_0 逐渐增大，则下列判断正确的是(　　)



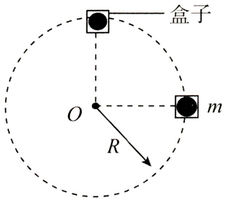
A. 小球能做完整的圆周运动，经过最高点的最小速度为 $\sqrt{gR}$

B. 小球在最高点对轻杆的作用力先减小后增大

C. 小球在最低点对轻杆的作用力先增大后减小

D. 小球在运动过程中所受合外力的方向始终指向圆心

22. 如图所示，质量为 m 的小球置于立方体的光滑盒子中，盒子的边长略大于球的直径。某同学拿着该盒子在竖直平面内做半径为 R 的匀速圆周运动，已知重力加速度为 g，空气阻力不计，要使在最高点时盒子与小球之间作用力恰为 mg，则(　　)



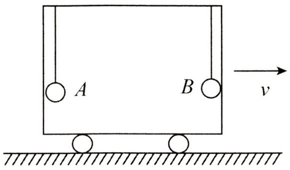
A. 该盒子做匀速圆周运动的周期一定小于 $\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}$

B. 该盒子做匀速圆周运动的周期一定等于 $\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}$

C. 盒子在最低点时盒子与小球之间的作用力大小可能小于 $3mg$

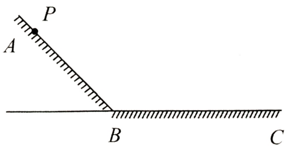
D. 盒子在最低点时盒子与小球之间的作用力大小可能大于 $3mg$

23. 如图所示，将完全相同的两小球 A、B 用长 $L=0.8$ m 的细绳悬于以速度 $v=4$ m/s 向右匀速运动的小车顶部，两球与小车的前、后壁接触，由于某种原因，小车突然停止，此时悬线的拉力之比 $F_B:F_A$ 为(g 取 10 m/s^2)(　　)



A. 1∶1　　B. 1∶2　　C. 1∶3　　D. 1∶4

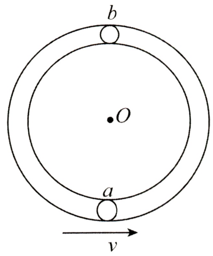
24. 如图所示，小球 P 在 A 点从静止开始沿光滑的斜面 AB 运动到 B 点所用的时间为 t_1，在 A 点以一定的初速度水平向右抛出，恰好落在 B 点所用时间为 t_2，在 A 点以较大的初速度水平向右抛出，落在水平面 BC 上所用时间为 t_3，则 t_1、t_2 和 t_3 的大小关系错误的是(　　)



A. $t_1>t_2=t_3$　　B. $t_1<t_2=t_3$

C. $t_1>t_2>t_3$　　D. $t_1<t_2<t_3$

25. 如图所示光滑管形圆轨道半径为 R(管径远小于 R)，小球 a、b 大小相同，质量均为 m，其直径略小于管径，能在管中无摩擦运动。两球先后以相同速度 v 通过轨道最低点，且当小球 a 在最低点时，小球 b 在最高点，以下说法正确的是(　　)



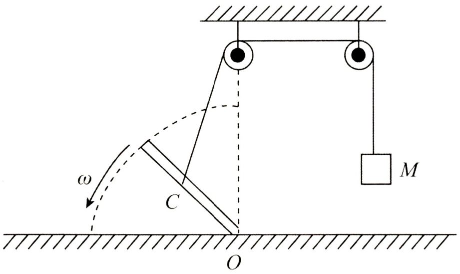
A. 当小球 b 在最高点对轨道无压力时，小球 a 比小球 b 所需向心力大 $5mg$

B. 当 $v=\sqrt{5gR}$ 时，小球 b 在轨道最高点对轨道无压力

C. 速度 v 至少为 $\sqrt{5gR}$，才能使两球在管内做圆周运动

D. 只要 $v\geqslant\sqrt{5gR}$，小球 a 对轨道最低点的压力比小球 b 对轨道最高点的压力都大 $6mg$

26. 如图所示，用一根长杆和两个定滑轮的组合装置来提升重物 M，长杆的一端放在地上通过铰链联结形成转轴，其端点恰好处于左侧滑轮正下方 O 点处，在杆的中点 C 处拴一细绳，绕过两个滑轮后挂上重物 M，C 点与 O 点距离为 l。现在杆的另一端用力，使其逆时针匀速转动，由竖直位置以角速度 ω 缓缓转至水平位置（转过了 90°角），此过程中下述说法中正确的是（　　）



A. 重物 M 做匀速直线运动　　B. 重物 M 做匀变速直线运动

C. 重物 M 的最大速度是 ωl　　D. 重物 M 的速度先减小后增大

27. 如图所示，竖直放置的光滑圆轨道被固定在水平地面上，半径 $r=0.4$ m，最低点处有一小球（半径比 r 小很多），现给小球一水平向右的初速度 v_0，则要使小球不脱离圆轨道运动，v_0 应当满足（$g=10$ m/s²）（　　）

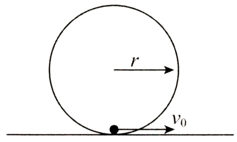
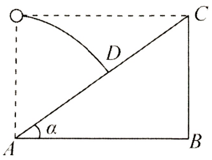


图 5

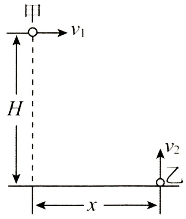
A. $v_0 \geqslant 0$　　B. $v_0 \geqslant 4$ m/s　　C. $v_0 \geqslant 2\sqrt{5}$ m/s　　D. $v_0 \leqslant 2\sqrt{2}$ m/s

28. 如图所示，斜面 AC 与水平方向的夹角为 α，在 A 点正上方与 C 等高处水平抛出一小球，其速度垂直斜面落到 D 点，则 CD 与 DA 的比为（　　）



A. $\frac{1}{\tan\alpha}$　　B. $\frac{1}{2\tan\alpha}$　　C. $\frac{1}{\tan^2\alpha}$　　D. $\frac{1}{2\tan^2\alpha}$

29. 如图所示，物体甲从高 H 处以速度 v_1 平抛，同时物体乙从距甲水平方向距离 x 处由地面以速度 v_2 竖直上抛，不计空气阻力，两个物体在空中某处相遇，下列叙述中正确的是（　　）



A. 从抛出到相遇所用的时间是 $\frac{x}{v_1}$

B. 如果相遇发生在乙上升的过程中，则 $v_2 > \sqrt{gH}$

C. 如果相遇发生在乙下降的过程中，则 $v_2 < \sqrt{\frac{gH}{2}}$

D. 若相遇点离地面高度为 $\frac{H}{2}$，则 $v_2 = \sqrt{gH}$

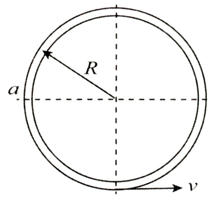
30. 如图所示，在双人花样滑冰运动中，有时会看到被男运动员拉着的女运动员离开地面在空中做圆锥摆运动的精彩场面，目测体重为 G 的女运动员做圆锥摆运动时和水平冰面的夹角约为 30°，重力加速度为 g，估算该女运动员（　　）



A. 受到的拉力为 $\sqrt{3}G$　　B. 受到的拉力为 $2G$

C. 向心加速度为 $\sqrt{3}g$　　D. 向心加速度为 $2g$

31. 如图所示，小球 m 可以在竖直放置的光滑圆形管道内做圆周运动，下列说法中正确的有(　　)



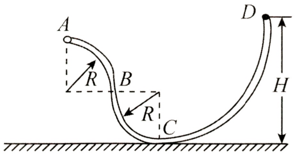
A. 小球通过最高点的最小速度至少为 $v=\sqrt{gR}$

B. 小球通过最高点的最小速度可以为 0

C. 小球在水平线 ab 以下管道中运动时，内侧管壁对小球一定有作用力

D. 小球在水平线 ab 以上管道中运动时，内侧管壁对小球一定有作用力

32. 由光滑细管组成的轨道如图所示，其中 AB 段和 BC 段是半径为 R 的四分之一圆弧，轨道固定在竖直平面内，一质量为 m 的小球，从距离水平地面为 H 的管口 D 处由静止释放，最后能够从 A 端水平抛出落到地面上。下列说法正确的是(　　)



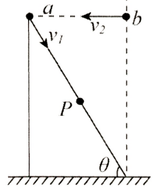
A. 小球落到地面时相对于 A 点的水平位移值为 $2\sqrt{RH-2R^2}$

B. 小球落到地面时相对于 A 点的水平位移值为 $2\sqrt{2RH-4R^2}$

C. 小球能从细管 A 端水平抛出的条件是 $H>2R$

D. 若小球能从细管 A 端水平抛出，D 点的最小高度 $H_{min}=\dfrac{5}{2}R$

33. 如图所示，小球 a 从倾角为 $\theta=60°$的固定粗糙斜面顶端以速度 v_1 沿斜面恰好匀速下滑，同时将另一小球 b 在斜面底端正上方与 a 球等高处以速度 v_2 水平抛出，两球恰在斜面中点 P 相遇，则下列说法正确的是(　　)



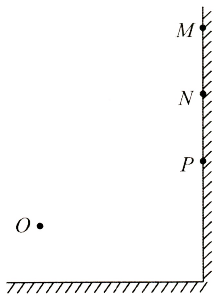
A. $v_1:v_2=2:1$

B. $v_1:v_2=1:1$

C. 若小球 b 以 $2v_2$ 水平抛出，则两小球仍能相遇

D. 若小球 b 以 $2v_2$ 水平抛出，则 b 球落在斜面上时，a 球在 b 球的下方

34. 如图所示，一演员表演飞刀绝技，由 O 点先后抛出完全相同的三把飞刀，分别垂直打在竖直木板上 M、N、P 三点。假设不考虑飞刀的转动，并可将其看做质点，已知 O、M、N、P 四点距离水平地面高度分别为 h、$4h$、$3h$、$2h$，以下说法正确的是(　　)



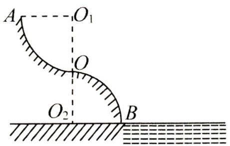
A. 三把飞刀在击中板时动能相同

B. 三次飞行时间之比为 $1:\sqrt{2}:\sqrt{3}$

C. 三次初速度的竖直分量之比为 $3:2:1$

D. 设三次抛出飞刀的初速度与水平方向夹角分别为 θ_1、θ_2、θ_3，则有 $\theta_1>\theta_2>\theta_3$

35. 如图所示，两个半径均为 R 的$\dfrac{1}{4}$光滑圆弧对接于 O 点，有物体从上面圆弧的某点 C 以上任意位置由静止下滑(C 点未标出)，都能从 O 点平抛出去，则(　　)



A. $\angle CO_1O=60°$　　B. $\angle CO_1O=45°$

C. 落地点距 O_2 最远为 $2R$　　D. 落地点距 O_2 最近为 R

专题五　万有引力与航天

典例剖析

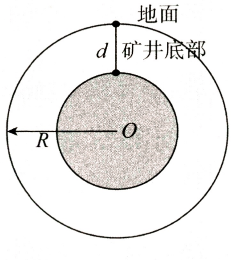
考点 1　地球内部重力加速度随深度的变化

【例 1】假设地球是一半径为 R、质量分布均匀的球体。一矿井深度为 d，已知质量分布均匀的球壳对壳内物体的引力为零，矿井底部和地面处的重力加速度大小之比为（　　）

A. $1-\frac{d}{R}$　　B. $1+\frac{d}{R}$　　C. $\left(\frac{R-d}{R}\right)^2$　　D. $\left(\frac{R}{R-d}\right)^2$

解析

答案：A



解析：如图所示，根据题意，地面与矿井底部之间的环形部分对处于矿井底部的物体引力为零。设地面处的重力加速度为 g，地球质量为 M，地球表面的物体 m 受到的重力近似等于万有引力，故 $mg=G\frac{Mm}{R^2}$；设矿井底部处的重力加速度为 g'，等效"地球"的质量为 M'，其半径 $r=R-d$，则矿井底部处的物体 m 受到的重力 $mg'=G\frac{Mm}{r^2}$，又 $M=\rho V=\rho\cdot\frac{4}{3}\pi R^3$，$M'=\rho V'=\rho\cdot\frac{4}{3}\pi(R-d)^3$，联立解得 $\frac{g'}{g}=1-\frac{d}{R}$，选项 A 正确。

感悟方法：本题我们利用了"地球表面的物体，忽略地球的自转，重力等于万有引力"。通过本题我们还学到了一个知识：质量分布均匀的球壳对壳内物体的引力为零。对于这一点，有兴趣的同学可以自行证明。

考点 2　地球表面重力加速度随纬度的变化

【例 2】假设地球可视为质量均匀分布的球体，已知地球表面的重力加速度在两极的大小为 g_0，在赤道的大小为 g；地球自转的周期为 T，引力常量 G，则地球的密度为（　　）

A. $\frac{3\pi}{GT^2}\cdot\frac{g_0-g}{g_0}$　　B. $\frac{3\pi}{GT^2}\cdot\frac{g_0}{g_0-g}$　　C. $\frac{3\pi}{GT^2}$　　D. $\frac{3\pi}{GT^2}\cdot\frac{g_0}{g}$

解析

答案：B

解析：地球表面的物体在两极万有引力等于重力：$G\frac{Mm}{R^2}=mg_0$，在地球的赤道上万有引力为重力和物体随地球自转所需向心力的合力：$G\frac{Mm}{R^2}=m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2R+mg$，地球的质量：$M=\rho\times\frac{4}{3}\pi R^3$，联立可得：$\rho=\frac{3\pi g_0}{GT^2(g_0-g)}$，选项 B 正确。

感悟方法：考虑地球的自转，在地球的赤道位置，物体受到的万有引力有两个效果，所以可分解为两个分力，一个分力与物体受到的支持力平衡，这个分力就是我们所说的"重力"；另一个分力就是向心力。

考点 3　地球外部重力加速度随高度的变化

【例 3】宇航员王亚平在"天宫 1 号"飞船内进行了我国首次太空授课，演示了一些完全失重状态下的物理现象。若飞船质量为 m，距地面高度为 h，地球质量为 M，半径为 R，引力常量为 G，则飞船所在处的重力加速度大小为（　　）

A. 0　　B. $\frac{GM}{(R+h)^2}$　　C. $\frac{GMm}{(R+h)^2}$　　D. $\frac{GM}{h^2}$

●解析

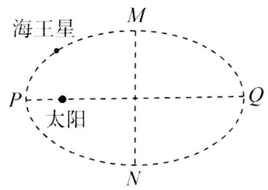
答案:B

解析:飞船所在处,万有引力就是重力,即 $G\dfrac{Mm}{(R+h)^2}=mg$ 得,$g=\dfrac{GM}{(R+h)^2}$;但要注意的是,此处的重力加速度并非地球表面的重力加速度。B 项正确。

感悟方法:由于飞船是绕"地心"运动的,所以地球的自转对飞船的运动无任何影响。另外,在飞船运动时,飞船受到的万有引力就是重力,也就是说是同一个力。

考点 4　公转模型

【例 4】如图,海王星绕太阳沿椭圆轨道运动,P 为近日点,Q 为远日点,M、N 为轨道短轴的两个端点,运行的周期为 T_0。若只考虑海王星和太阳之间的相互作用,则海王星在从 P 经过 M、Q 到 N 的运动过程中(　　)



A. 从 P 到 M 所用的时间等于 $\dfrac{T_0}{4}$　　B. 从 Q 到 N 阶段,机械能逐渐变大

C. 从 P 到 Q 阶段,速率逐渐变小　　D. 从 M 到 N 阶段,万有引力对它先做负功后做正功

●解析

答案:CD

解析:在海王星从 P 到 Q 的运动过程中,由于引力与速度的夹角大于 $90°$,因此引力做负功,根据动能定理可知,速度越来越小,C 项正确;海王星从 P 到 M 的时间小于从 M 到 Q 的时间,因此从 P 到 M 的时间小于 $\dfrac{T_0}{4}$,A 项错误;由于海王星运动过程中只受到太阳引力作用,引力做功不改变海王星的机械能,即从 Q 到 N 的运动过程中海王星的机械能守恒,B 项错误;从 M 到 Q 的运动过程中引力与速度的夹角大于 $90°$,因此引力做负功,从 Q 到 N 的过程中,引力与速度的夹角小于 $90°$,因此引力做正功,即海王星从 M 到 N 的过程中万有引力先做负功后做正功,D 项正确。

感悟方法:公转的真实轨道是"椭圆",运动规律符合开普勒三大定律。运动过程中,由于受到万有引力的作用,海王星的速度大小会发生变化,但总的机械能不变。

考点 5　自转模型

【例 5】2018 年 2 月,我国 500 m 口径射电望远镜(天眼)发现毫秒脉冲星"J0318+0253",其自转周期 $T=5.19$ ms,假设星体为质量均匀分布的球体,已知万有引力常量为 $6.67\times10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$。以周期 T 稳定自转的星体的密度最小值约为(　　)

A. $5\times10^{9}\ \text{kg/m}^3$　　B. $5\times10^{12}\ \text{kg/m}^3$　　C. $5\times10^{15}\ \text{kg/m}^3$　　D. $5\times10^{18}\ \text{kg/m}^3$

●解析

答案:C

解析:毫秒脉冲星稳定自转时由万有引力提供在其表面的物体做圆周运动的向心力,根据 $G\dfrac{Mm}{R^2}=m\dfrac{4\pi^2R}{T^2}$,$M=\rho\cdot\dfrac{4}{3}\pi R^3$,得 $\rho=\dfrac{3\pi}{GT^2}$,代入数据得 $\rho\approx5\times10^{15}\ \text{kg/m}^3$。C 正确。

感悟方法:天体做自转运动时,最容易离心的是"赤道"表面的物体,物体受到天体对它的万有引力和天体对物体的支持力,一旦支持力为零时,天体将开始"瓦解"。

考点 6　双星模型

【例 6】2017 年，人类第一次直接探测到来自双中子星合并的引力波。根据科学家们复原的过程，在两颗中子星合并前约 100 s 时，它们相距约 400 km，绕二者连线上的某点每秒转动 12 圈，将两颗中子星都看做是质量均匀分布的球体，由这些数据、万有引力常量并利用牛顿力学知识，可以估算出这一时刻两颗中子星(　　)

A. 质量之积　　B. 质量之和　　C. 速率之和　　D. 各自的自转角速度

●解析

答案：BC

解析：由题意可知，合并前两中子星绕连线上某点每秒转动 12 圈，则两中子星的周期相等，且均为 $T=\frac{1}{12}$ s，两中子星的角速度均为 $\omega=\frac{2\pi}{T}=24\pi$ rad/s，两中子星构成了双星模型，假设两中子星的质量分别为 m_1、m_2，轨道半径分别为 r_1、r_2，速率分别为 v_1、v_2，则有：$G\frac{m_1m_2}{L^2}=m_1\omega^2r_1$，$G\frac{m_1m_2}{L^2}=m_2\omega^2r_2$，又 $r_1+r_2=L=400$ km，解得 $m_1+m_2=\frac{\omega^2L^3}{G}$，A 错误，B 正确；又由 $v_1=\omega r_1$、$v_2=\omega r_2$，则 $v_1+v_2=\omega(r_1+r_2)=\omega L$，C 正确；由题中的条件不能求解两中子星自转的角速度，D 错误。

感悟方法：解决双星问题的基本方法还是运用万有引力提供向心力，只是要注意的是在双星问题中，每个天体做圆周运动的半径与两个天体之间的距离是两个不同的概念。

考点 7　黑洞模型

【例 7】英国《新科学家(New Scientist)》杂志评选出了 2008 年度世界 8 项科学之最，在 XTEJ1650－500 双星系统中发现的最小黑洞位列其中，若某黑洞的半径 R 约 45 km，质量 M 和半径 R 的关系满足 $\frac{M}{R}=\frac{c^2}{2G}$(其中 c 为光速，G 为引力常量)，则该黑洞表面重力加速度的数量级为(　　)

A. 10^8 m/s^2　　B. 10^{10} m/s^2　　C. 10^{12} m/s^2　　D. 10^{14} m/s^2

●解析

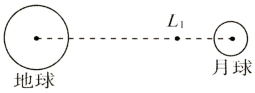
答案：C

解析：处理本题要从所给的材料中，提炼出有用信息，构建好物理模型，选择合适的物理方法求解。黑洞实际为一天体，天体表面的物体受到的重力近似等于物体与该天体之间的万有引力，对黑洞表面的某一质量为 m 的物体有：$G\frac{Mm}{R^2}=mg$，又有 $\frac{M}{R}=\frac{c^2}{2G}$，联立解得 $g=\frac{c^2}{2R}$，代入数据得重力加速度的数量级为 10^{12} m/s^2，C 项正确。

感悟方法：黑洞，是指连光都不能从其表面射出的天体，即可以认为光速是黑洞的第二宇宙速度，$\frac{1}{2}mc^2-\frac{GMm}{R}=0$，可得质量 M 和半径 R 满足的关系 $\frac{M}{R}=\frac{c^2}{2G}$。

考点 8　“拉格朗日点”问题

【例 8】如图，拉格朗日点 L_1 位于地球和月球连线上，处在该点的物体在地球和月球引力的共同作用下，可与月球一起以相同的周期绕地球运动。据此，科学家设想在拉格朗日点 L_1 建立空间站，使其与月球同周期绕地球运动。以 a_1、a_2 分别表示该空间站和月球向心加速度的大小，a_3 表示地球同步卫星向心加速度的大小。以下判断正确的是(　　)



A. $a_2>a_3>a_1$　　B. $a_2>a_1>a_3$　　C. $a_3>a_1>a_2$　　D. $a_3>a_2>a_1$

解析

答案:D

解析:空间站和月球绕地球运动的周期相同,由 $a=\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$ 知,$a_2>a_1$;对地球同步卫星和月球,由万有引力定律和牛顿第二定律得 $G\frac{Mm}{r^2}=ma$,可知 $a_3>a_2$,则 $a_3>a_2>a_1$,故选项 D 正确。

感悟方法:拉格朗日点处的空间站和月球绕地球运动,是一个"同一转盘上的两个物体模型",他们的周期相同。

考点 9　根据万有引力与重力的关系进行估算质量

【例 9】我国探月的"嫦娥工程"已经启动,在不久的将来,我国宇航员将登上月球。假如宇航员在月球上测得摆长为 l 的单摆做小幅振动的周期为 T,将月球视为密度均匀、半径为 r 的球体,则月球的密度为(　　)

A. $\frac{\pi l}{2GrT^2}$　　B. $\frac{3\pi l}{GrT^2}$　　C. $\frac{16\pi l}{3GrT^2}$　　D. $\frac{3\pi l}{16GrT^2}$

解析

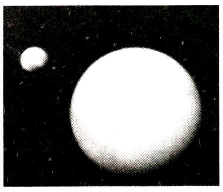
答案:B

解析:由 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 得:$g=\frac{4\pi^2 l}{T^2}$,由 $\frac{GMm}{r^2}=mg$ 得:$GM=gr^2$,而 $M=\rho\cdot\frac{4}{3}\pi r^3$,联立得:$\rho=\frac{3\pi l}{GrT^2}$.

感悟方法:已知天体的半径 R 和天体表面的重力加速度 g,可以根据"万有引力等于重力"来估算天体质量,这种方法称作"g、R"法。

考点 10　根据万有引力与向心力的关系进行估算质量

【例 10】土星最大的卫星叫"泰坦"(如图),每 16 天绕土星一周,其公转轨道半径约为 1.2×10^6 km,已知引力常量 $G=6.67\times10^{-11}$ N·m²/kg²,则土星的质量约为(　　)



A. 5×10^{17} kg　　B. 5×10^{26} kg

C. 7×10^{33} kg　　D. 4×10^{36} kg

解析

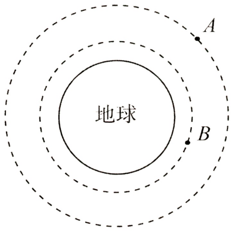
答案:B

解析:由万有引力定律有 $F=G\frac{Mm}{r^2}=m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$,得土星的质量 $M=\frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$,代入数据知 $M=5\times10^{26}$ kg,故选项 B 正确。

感悟方法:已知卫星绕天体运动的轨道半径 r 和周期 T,可以根据"万有引力等于向心力"来估算天体质量,这种方法称作"T、r"法。

考点 11　一个中心天体两颗卫星的参数比较

【例 11】如图所示,两质量相等的卫星 A、B 绕地球做匀速圆周运动,用 R、T、E_k、S 分别表示卫星的轨道半径、周期、动能、与地心连线在单位时间内扫过的面积。下列关系式正确的有



A. $T_A>T_B$　　B. $E_{kA}>E_{kB}$　　C. $S_A=S_B$　　D. $\frac{R_A^3}{T_A^2}=\frac{R_B^3}{T_B^2}$

●解析

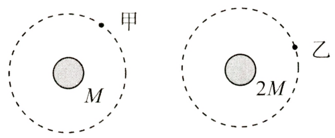
答案：AD

解析：根据 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}r$ 知，轨道半径越大，周期越大，所以 $T_A>T_B$，故 A 正确；由 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$ 知，$v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$，所以 $v_B>v_A$，又因为质量相等，所以 $E_{kB}>E_{kA}$，故 B 错误；根据开普勒第二定律可知，同一行星与地心连线在单位时间内扫过的面积相等，所以 C 错误；由开普勒第三定律知，D 正确。

感悟方法：对于同一个中心天体两个卫星的问题，一般的解法就是列出基本通式，获得函数关系式。

考点 12　两个中心天体两颗卫星的参数比较

【例 12】如图，甲、乙两颗卫星以相同的轨道半径分别绕质量为 M 和 $2M$ 的行星做匀速圆周运动，下列说法正确的是(　　)



A. 甲的向心加速度比乙的小

B. 甲的运行周期比乙的小

C. 甲的角速度比乙的大

D. 甲的线速度比乙的大

●解析

答案：A

解析：卫星绕行星做匀速圆周运动，万有引力提供向心力，$G\frac{Mm}{r^2}=ma=mr\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2=m\frac{v^2}{r}=mr\omega^2$，解得 $a=\frac{GM}{r^2}$，$T=2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$，$v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$，$\omega=\sqrt{\frac{GM}{r^3}}$，由此可知，在半径一定时，中心天体质量越大，卫星的向心加速度、线速度、角速度越大，周期越小，因此 A 项正确，B、C、D 项错误。

感悟方法：对于两个中心天体两个卫星的问题，一般的解法就是列出基本通式，获得函数关系式。

考点 13　近地卫星

【例 13】火星探测项目是我国继神舟载人航天工程、嫦娥探月工程之后又一个重大太空探索项目。假设火星探测器在火星表面附近圆轨道运行的周期为 T_1，神舟飞船在地球表面附近的圆形轨道运行周期为 T_2，火星质量与地球质量之比为 p，火星半径与地球半径之比为 q，则 T_1 与 T_2 之比为(　　)

A. $\sqrt{pq^3}$　　　　B. $\sqrt{\frac{1}{pq^3}}$

C. $\sqrt{\frac{p}{q^3}}$　　　　D. $\sqrt{\frac{q^3}{p}}$

●解析

答案：D

解析：火星探测器绕火星做圆周运动的过程中，火星对探测器的万有引力提供向心力，即 $\frac{GM_1m}{R_1^2}=mR_1\left(\frac{2\pi}{T_1}\right)^2$，$T_1=\sqrt{\frac{4\pi^2R_1^3}{GM_1}}$，同理可知神舟飞船绕地球的周期 $T_2=\sqrt{\frac{4\pi^2R_2^3}{GM_2}}$，所以 $\frac{T_1}{T_2}=\sqrt{\frac{R_1^3M_2}{R_2^3M_1}}=\sqrt{\frac{q^3}{p}}$，D 正确。

感悟方法：近地卫星，是贴牢地球表面做圆周运动的卫星，其轨道半径可以看成是地球半径。

考点 14　同步卫星

【例 14】关于环绕地球运行的卫星,下列说法正确的是(　　)

A. 分别沿圆轨道和椭圆轨道运行的两颗卫星,不可能具有相同的周期

B. 沿椭圆轨道运行的一颗卫星,在轨道不同位置可能具有相同的速率

C. 在赤道上空运行的两颗地球同步卫星,它们的轨道半径有可能不同

D. 沿不同轨道经过北京上空的两颗卫星,它们的轨道平面一定会重合

解析

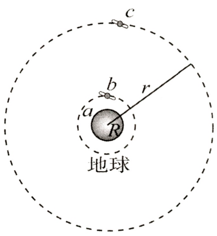
答案:B

解析:由开普勒第三定律可知选项 A 错;沿椭圆轨道运行的卫星在关于长轴对称的两点速率相等,故选项 B 对;所有同步卫星的轨道半径均相等,故选项 C 错;沿不同轨道运行的卫星,其轨道平面只要过地心即可,不一定重合,故选项 D 错。

感悟方法:同步卫星,是相对于地球"静止"的卫星!我们要把握四个"一定":轨道平面一定,高度一定,周期一定,速度一定;一个"不一定":质量不一定!

考点 15　自转物体、近地卫星与同步卫星的比较

【例 15】如图所示,a 为静止在地球赤道上的一个物体,b 为绕地球做匀速圆周运动的近地卫星,c 为地球的同步卫星,其轨道半径为 r,设地球半径为 R,下列说法正确的是(　　)



A. b 与 c 的周期之比为$\sqrt{\frac{r}{R}}$　　B. b 与 c 的周期之比为$\frac{R}{r}\sqrt{\frac{R}{r}}$

C. a 与 c 的线速度大小之比为$\frac{R}{r}$　　D. a 与 c 的线速度大小之比为$\sqrt{\frac{R}{r}}$

解析

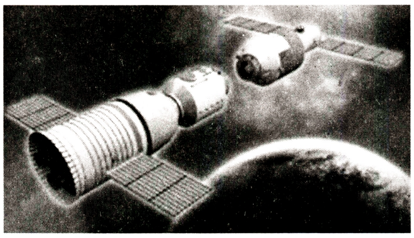
答案:BC

解析:b、c 均为地球的卫星,则均由万有引力提供向心力,有 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}r$,整理得 $T=2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$,则 b、c 的周期之比为$\frac{T_b}{T_c}=\sqrt{\frac{R^3}{r^3}}=\frac{R}{r}\sqrt{\frac{R}{r}}$,选项 A 错误,B 正确;由于 a、c 具有相同的角速度,则由 $v=\omega r$,可知 a、c 的线速度之比为$\frac{v_a}{v_c}=\frac{R}{r}$,选项 C 正确,D 错误。

感悟方法:要注意区分自转物体、近地卫星与同步卫星,近地卫星与同步卫星都是"卫星",满足万有引力提供向心力,自转物体与同步卫星运动的周期都与地球的自转周期相同。

考点 16 卫星的对接

【例 16】我国即将发射"天宫二号"空间实验室,之后"神舟十一号"飞船与"天宫二号"对接。假设"天宫二号"与"神舟十一号"都围绕地球做匀速圆周运动,为了实现飞船与空间实验室的对接,下列措施可行的是( )



A. 使飞船与空间实验室在同一轨道上运行,然后飞船加速追上空间实验室实现对接

B. 使飞船与空间实验室在同一轨道上运行,然后空间实验室减速等待飞船实现对接

C. 飞船先在比空间实验室半径小的轨道上加速,加速后飞船逐渐靠近空间实验室,两者速度接近时实现对接

D. 飞船先在比空间实验室半径小的轨道上减速,减速后飞船逐渐靠近空间实验室,两者速度接近时实现对接

●解析

答案:C

解析:若使飞船与空间实验室在同一轨道上运行,然后飞船加速,则由于向心力变大,飞船将脱离原轨道而进入更高的轨道,不能实现对接,选项 A 错误;若使飞船与空间实验室在同一轨道上运行,然后空间实验室减速,则由于向心力变小,空间站将脱离原轨道而进入更低的轨道,不能实现对接,选项 B 错误;要想实现对接,可使飞船在比空间实验室半径小的轨道上加速,然后飞船将进入较高的空间实验室轨道,逐渐靠近空间实验室后,两者速度接近时实现对接,选项 C 正确;若飞船在比空间实验室半径小的轨道上减速,则飞船将进入更低的轨道,不能实现对接,选项 D 错误;故选 C。

感悟方法:卫星的对接需要在低轨道加速,如果在同一轨道上,那先要减速做向心运动,进入低轨道,以获得较大的角速度,然后加速与目标对接。

考点 17 卫星的变轨

【例 17】某人造卫星运动的轨道可近似看做是以地心为中心的圆,由于阻力作用,人造卫星到地心的距离从 r_1 慢慢变到 r_2,用 E_{k1}、E_{k2} 分别表示卫星在这两个轨道上的动能,则( )

A. $r_1<r_2$,$E_{k1}<E_{k2}$　　B. $r_1>r_2$,$E_{k1}<E_{k2}$

C. $r_1<r_2$,$E_{k1}>E_{k2}$　　D. $r_1>r_2$,$E_{k1}>E_{k2}$

●解析

答案:B

解析:做匀速圆周运动的物体,满足 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$,由于阻力作用,假定其半径不变,其动能减小,则 $G\frac{Mm}{r^2}>m\frac{v^2}{r}$,由上式可知,人造卫星必做向心运动,其轨迹半径必减小,由于人造卫星到地心距离慢慢变化,其运动仍可看做匀速运动,由 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$ 可知,其运动的动能必慢慢增大。

感悟方法:卫星的变轨,要搞清楚两个问题:因为什么原因变轨,变轨后的卫星参量如何变化?因为阻力的作用,卫星速度减小,所需的向心力小于万有引力,卫星做向心运动,在向心运动过程中,万有引力做的正功大于阻力做的负功,卫星加速。在两个稳定的轨道上,根据万有引力提供向心力,轨道越高,速度越小。

考点 18　两星相距最近最远问题

【例 18】假设有一载人宇宙飞船在距地面高度为 4 200 km 的赤道上空绕地球做匀速圆周运动，地球半径约为 6 400 km，地球同步卫星距地面高为 36 000 km，宇宙飞船和一地球同步卫星绕地球同向运动，每当两者相距最近时，宇宙飞船就向同步卫星发射信号，然后再由同步卫星将信号发送到地面接收站，某时刻两者相距最远，从此刻开始，在一昼夜的时间内，接收站共接收到信号的次数为(　　)

A. 4 次　　　　B. 6 次

C. 7 次　　　　D. 8 次

解析

答案：C

解析：根据圆周运动的规律，分析一昼夜同步卫星与宇宙飞船相距最近的次数，即为卫星发射信号的次数，也为接收站接收到的信号次数。

设宇宙飞船的周期为 T，由 $\frac{GMm}{r^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}r$，

得 $T=2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$，则 $\frac{T^2}{24^2}=\left(\frac{6\ 400+4\ 200}{6\ 400+36\ 000}\right)^3$，解得 $T=3$ h

设两者由相隔最远至第一次相隔最近的时间为 t_1，有 $(\frac{2\pi}{T}-\frac{2\pi}{T_0})t_1=\pi$，解得 $t_1=\frac{12}{7}$ h

再设两者相邻两次相距最近的时间间隔为 t_2，

有 $(\frac{2\pi}{T}-\frac{2\pi}{T_0})t_2=2\pi$，解得 $t_2=\frac{24}{7}$ h

由 $n=\frac{24-t_1}{t_2}=6.5$ 次知，接收站接收信号的次数为 7 次。

感悟方法：两星追上或相距最近时满足两星运动的角度差等于 2π 的整数倍，即 $\omega_A t-\omega_B t=n\cdot 2\pi(n=1、2、3、\cdots)$，相距最远时两星运行的角度差等于 π 的奇数倍，即 $\omega_A t-\omega_B t=(2n+1)\pi(n=0、1、2、\cdots)$

过关演练

1. 若想检验“使月球绕地球运动的力”与“使苹果落地的力”遵循同样的规律，在已知月地距离约为地球半径 60 倍的情况下，需要验证(　　)

A. 地球吸引月球的力约为地球吸引苹果的力的 $\frac{1}{60^2}$

B. 月球公转的加速度约为苹果落向地面加速度的 $\frac{1}{60^2}$

C. 自由落体在月球表面的加速度约为地球表面的 $\frac{1}{6}$

D. 苹果在月球表面受到的引力约为在地球表面的 $\frac{1}{60}$

2. 火星和木星沿各自的椭圆轨道绕太阳运行，根据开普勒行星运动定律可知(　　)

A. 太阳位于木星运行轨道的中心

B. 火星和木星绕太阳运行速度的大小始终相等

C. 火星与木星公转周期之比的平方等于它们轨道半长轴之比的立方

D. 相同时间内，火星与太阳连线扫过的面积等于木星与太阳连线扫过的面积

3. 在讨论地球潮汐成因时，地球绕太阳运行轨道与月球绕地球运行轨道可视为圆轨道。已知太阳质量约为月球质量的 2.7×10^7 倍，地球绕太阳运行的轨道半径约为月球绕地球运行的轨道半径的 400 倍。关于太阳和月球对地球上相同质量海水的引力，以下说法正确的是(　　)

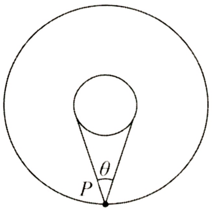
A. 太阳引力远大于月球引力

B. 太阳引力与月球引力相差不大

C. 月球对不同区域海水的吸引力大小相等

D. 月球对不同区域海水的吸引力大小有差异

4. 如图所示，飞行器 P 绕某星球做匀速圆周运动，星球相对飞行器的张角为 θ，下列说法正确的是(　　)



A. 轨道半径越大，周期越长

B. 轨道半径越大，速度越大

C. 若测得周期和张角，可得到星球的平均密度

D. 若测得周期和轨道半径，可得到星球的平均密度

5. 已知地球质量为 M，半径为 R，自转周期为 T，地球同步卫星质量为 m，引力常量为 G。有关同步卫星，下列表述正确的是(　　)

A. 卫星距地面的高度为 $\sqrt[3]{\dfrac{GMT^2}{4\pi^2}}$　　B. 卫星的运行速度小于第一宇宙速度

C. 卫星运行时受到的向心力大小为 $G\dfrac{Mm}{R^2}$　　D. 卫星运行的向心加速度大于地球表面的重力加速度

6. 同步卫星的加速度为 a_1，运行速度为 v_1，地面附近卫星的加速度为 a_2，运行速度为 v_2，地球赤道上物体随地球自转的向心加速度为 a_3，速度为 v_3，则(　　)

A. $v_2>v_1>v_3$　　B. $v_3>v_1>v_2$　　C. $a_2>a_3>a_1$　　D. $a_2>a_1>a_3$

7. 质量为 m 的人造地球卫星与地心的距离为 r 时，引力势能可表示为 $E_p=-\dfrac{GMm}{r}$，其中 G 为引力常量，M 为地球质量。该卫星原来在半径为 R_1 的轨道上绕地球做匀速圆周运动，由于受到极稀薄空气的摩擦作用，飞行一段时间后其圆周运动的半径变为 R_2，此过程中因摩擦而产生的热量为(　　)

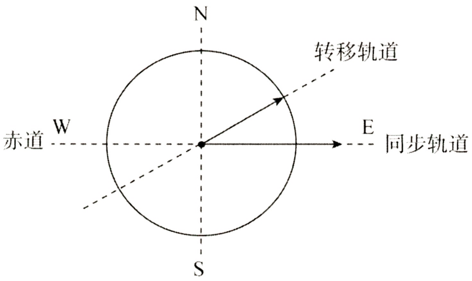
A. $GMm\left(\dfrac{1}{R_2}-\dfrac{1}{R_1}\right)$　　B. $GMm\left(\dfrac{1}{R_1}-\dfrac{1}{R_2}\right)$

C. $\dfrac{GMm}{2}\left(\dfrac{1}{R_2}-\dfrac{1}{R_1}\right)$　　D. $\dfrac{GMm}{2}\left(\dfrac{1}{R_1}-\dfrac{1}{R_2}\right)$

8. 利用三颗位置适当的地球同步卫星，可使地球赤道上任意两点之间保持无线电通讯，目前，地球同步卫星的轨道半径约为地球半径的 6.6 倍，假设地球的自转周期变小，若仍仅用三颗同步卫星来实现上述目的，则地球自转周期的最小值约为(　　)

A. 1 h　　B. 4 h　　C. 8 h　　D. 16 h

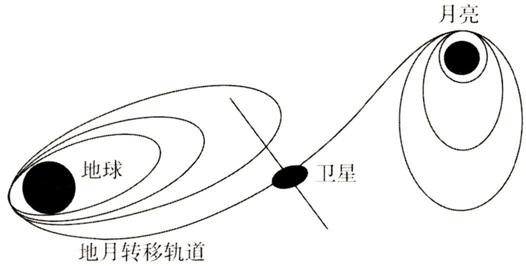
9. 由于卫星的发射场不在赤道上，同步卫星发射后需要从转移轨道经过调整再进入地球同步轨道。当卫星在转移轨道上飞经赤道上空时，发动机点火，给卫星一附加速度，使卫星沿同步轨道运行。已知同步卫星的环绕速度约为 3.1×10^3 m/s，某次发射卫星飞经赤道上空时的速度为 1.55×10^3 m/s，此时卫星的高度与同步轨道的高度相同，转移轨道和同步轨道的夹角为 30°，如图所示，发动机给卫星的附加速度的方向和大小约为(　　)



A. 西偏北方向，1.9×10^3 m/s　　B. 东偏南方向，1.9×10^3 m/s

C. 西偏北方向，2.7×10^3 m/s　　D. 东偏南方向，2.7×10^3 m/s

10. 如图是“嫦娥一号”奔月示意图，卫星发射后通过自带的小型火箭多次变轨，进入地月转移轨道，最终被月球引力捕获，成为绕月卫星，并开展对月球的探测。下列说法正确的是(　　)



A. 发射“嫦娥一号”的速度必须达到第三宇宙速度

B. 在绕月圆轨道上，卫星周期与卫星质量有关

C. 卫星受月球的引力与它到月球中心距离的平方成反比

D. 在绕月圆轨道上，卫星受地球的引力大于受月球的引力

11. 我国志愿者王跃曾与俄罗斯志愿者一起进行“火星 500”的模拟实验活动。假设王跃登陆火星后，测得火星的半径是地球半径的$\frac{1}{2}$，质量是地球质量的$\frac{1}{9}$。已知地球表面的重力加速度是 g，地球的半径为 R，王跃在地球表面上能向上竖直跳起的最大高度是 h，忽略自转的影响，下列说法正确的是(　　)

A. 火星的密度为$\frac{2g}{3\pi GR}$

B. 火星的第一宇宙速度与地球的第一宇宙速度相等

C. 火星表面的重力加速度是$\frac{4g}{9}$

D. 王跃以与在地球上相同的初速度在火星上起跳后，能达到的最大高度是$\frac{9h}{4}$

12. 为了探测 X 星球，载着登陆舱的探测飞船在以该星球中心为圆心，半径为 r_1 的圆轨道上运动，周期为 T_1，总质量为 m_1。随后登陆舱脱离飞船，变轨到离星球更近的半径为 r_2 的圆轨道上运动，此时登陆舱的质量为 m_2，则(　　)

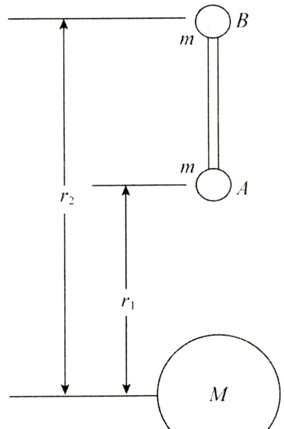
A. X 星球的质量为 $M=\frac{4\pi^2 r_1^3}{GT_1^2}$

B. X 星球表面的重力加速度为 $g_X=\frac{4\pi^2 r_1}{T_1^2}$

C. 登陆舱在 r_1 与 r_2 轨道上运动时的速度大小之比为$\frac{v_1}{v_2}=\sqrt{\frac{m_1 r_2}{m_2 r_1}}$

D. 登陆舱在半径为 r_2 的轨道上做圆周运动的周期为 $T_2=T_1\sqrt{\frac{r_2^3}{r_1^3}}$

13. 两个质量均为 m 的物体 A、B，由轻质硬杆相连，可被视为一“哑铃”状的卫星，该卫星围绕一质量为 M 的天体旋转，如图所示，两物体和天体质心在一条直线上，两物体分别以 r_1 和 r_2 为半径绕中心天体做圆周运动。在某时刻连接两物体的杆突然断裂后，两物体的运动轨道会发生变化，引力常量为 G，下列说法正确的是(　　)



A. 杆断裂前，两物体的周期为 $T=2\pi r_1 r_2\sqrt{\frac{r_1+r_2}{GM(r_1^2+r_2^2)}}$

B. 杆断裂前，两物体的周期为 $T=2\pi\sqrt{\frac{(r_1+r_2)^3}{8GM}}$

C. 若 B 在杆突然断裂后做离心运动，则 A 将做向心运动

D. 若 B 在杆突然断裂后做离心运动，则 A 仍在原轨道上做圆周运动

14. 如图所示，两星球相距为 L，质量比为 $m_A:m_B=1:9$，两星球半径远小于 L。从星球 A 沿 A、B 连线向 B 以某一初速度发射一探测器。只考虑星球 A、B 对探测器的作用，下列说法正确的是(　　)



A. 探测器的速度一直减小

B. 探测器在距星球 A 为 $\frac{L}{4}$ 处加速度为零

C. 若探测器能到达星球 B，其速度可能恰好为零

D. 若探测器能到达星球 B，其速度一定大于发射时的初速度

15. 为了迎接太空时代的到来，美国国会通过一项计划：在 2050 年前建造成太空升降机，就是把长绳的一端搁置在地球的卫星上，另一端系住升降机，放开绳，升降机能到达地球上，科学家可以控制卫星上的电动机把升降机拉到卫星上。已知地球表面的重力加速度 $g=10\ m/s^2$，地球半径 $R=6\ 400\ km$，地球自转周期为 24 h。某宇航员在地球表面测得体重为 800 N，他随升降机沿垂直地面方向上升，某时刻升降机加速度为 $10\ m/s^2$，方向竖直向上，这时测得此宇航员的体重为 850 N，忽略地球公转的影响，根据以上数据(　　)

A. 可以求出升降机此时所受万有引力的大小

B. 可以求出此时宇航员的动能

C. 不能求出升降机此时距地面的高度

D. 如果把绳的一端搁置在同步卫星上，可知绳的长度至少有多长

16. 暗物质是 21 世纪物理学之谜，对该问题的研究可能带来一场物理学的革命。为了探测暗物质，我国已成功发射了一颗被命名为“悟空”的暗物质探测卫星。已知“悟空”在低于同步卫星的轨道上绕地球做匀速圆周运动，经过时间 t(t 小于其运动周期)，运动的弧长为 s，与地球中心连线扫过的角度为 β(弧度)，引力常量为 G，则下列说法中正确的是(　　)

A. “悟空”的线速度大于第一宇宙速度

B. “悟空”的环绕周期为 $\frac{2\pi t}{\beta}$

C. “悟空”的向心加速度小于地球同步卫星的向心加速度

D. “悟空”的质量为 $\frac{s^3}{Gt^2\beta}$

17. 卫星电话信号需要通过地球同步卫星传送。如果你与同学在地面上用卫星电话通话，则从你发出信号至对方接收到信号所需最短时间最接近于(可能用到的数据：月球绕地球运动的轨道半径约为 3.8×10^5 km，运行周期约为 27 天，地球半径约为 6 400 km，无线电信号传播速度为 3×10^8 m/s)(　　)

A. 0.1 s　　B. 0.25 s　　C. 0.5 s　　D. 1 s

18. 一物体静置在平均密度为 ρ 的球形天体表面的赤道上。已知万有引力常量为 G，若由于天体自转使物体对天体表面压力恰好为零，则天体自转周期为(　　)

A. $(\frac{4\pi}{3G\rho})^{\frac{1}{2}}$　　B. $(\frac{3}{4\pi G\rho})^{\frac{1}{2}}$　　C. $(\frac{\pi}{G\rho})^{\frac{1}{2}}$　　D. $(\frac{3\pi}{G\rho})^{\frac{1}{2}}$

19. “嫦娥四号”(专家称为“四号星”)，计划在 2018 年发射升空，它是嫦娥探月工程计划中嫦娥系列的第四颗人造探月卫星，主要任务是更深层次、更加全面地科学探测月球地貌、资源等方面的信息，完善月球档案资料。已知引力常量为 G，月球的半径为 R，月球表面的重力加速度为 g，嫦娥四号离月球中心的距离为 r，绕月周期为 T。根据以上信息判断下列说法正确的是(　　)

A. “嫦娥四号”绕月运行的速度为 $\sqrt{\frac{gr^2}{R}}$　　B. 月球的第一宇宙速度为 $\sqrt{gR}$

C. “嫦娥四号”必须减速运动才能返回地球　　D. 月球的平均密度为 $\rho=\frac{3\pi}{GT^2}$

20. 假定地球、月球都静止不动，用火箭从地球沿地月连线向月球发射一探测器。假定探测器在地球表面附近脱离火箭。用 W 表示探测器从脱离火箭处到飞到月球的过程中克服地球引力做的功，用 E_k 表示探测器脱离火箭时的动能，若不计空气阻力，则(　　)

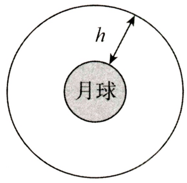
A. E_k 必须大于或等于 W，探测器才能到达月球

B. E_k 小于 W，探测器也可能到达月球

C. $E_k=\frac{1}{2}W$，探测器一定能到达月球

D. $E_k=\frac{1}{2}W$，探测器一定不能到达月球

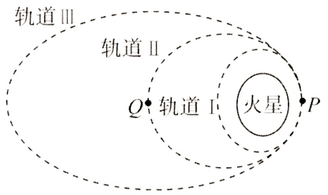
21. 2013 年我国相继完成“神十”与“天宫”对接、“嫦娥”携“玉兔”落月两大航天工程。某航天爱好者提出“玉兔”回家的设想：如图，将携带“玉兔”的返回系统由月球表面发射到 h 高度的轨道上，与在该轨道绕月球做圆周运动的飞船对接，然后由飞船送“玉兔”返回地球。设“玉兔”质量为 m，月球半径为 R，月面的重力加速度为 $g_月$。以月面为零势能面，“玉兔”在 h 高度的引力势能可表示为 $E_p=\frac{GMmh}{R(R+h)}$，其中 G 为引力常量，M 为月球质量。若忽略月球的自转，从开始发射到对接完成需要对“玉兔”做的功为(　　)



A. $\frac{mg_月 R}{R+h}(h+2R)$　　B. $\frac{mg_月 R}{R+h}(h+\sqrt{2}R)$

C. $\frac{mg_月 R}{R+h}(h+\frac{\sqrt{2}}{2}R)$　　D. $\frac{mg_月 R}{R+h}(h+\frac{1}{2}R)$

22. 假设将来人类登上了火星，考察完毕后，乘坐一艘宇宙飞船从火星返回地球时，经历了如图所示的变轨过程，则下列有关这艘飞船的说法正确的是(　　)



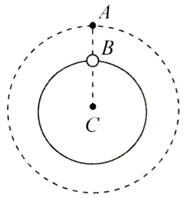
A. 飞船在轨道Ⅰ上运动时的机械能大于飞船在轨道Ⅱ上运动时的机械能

B. 飞船在轨道Ⅱ上运动时，经过 P 点时的速度大于经过 Q 点时的速度

C. 飞船在轨道Ⅲ上运动到 P 点时的加速度等于飞船在轨道Ⅱ上运动到 P 点时的加速度

D. 飞船绕火星在轨道Ⅰ上运动的周期跟飞船返回地球的过程中绕地球以与轨道Ⅰ同样的轨道半径运动的周期相同

23. 假设在宇宙中存在这样三个天体 A、B、C，它们在一条直线上，天体 A 离天体 B 的高度为某值时，天体 A 和天体 B 就会以相同的角速度共同绕天体 C 运转，且天体 A 和天体 B 绕天体 C 运动的轨道都是圆轨道，如图所示。以下说法正确的是(　　)



A. 天体 A 做圆周运动的加速度小于天体 B 做圆周运动的加速度

B. 天体 A 做圆周运动的线速度小于天体 B 做圆周运动的线速度

C. 天体 A 做圆周运动的向心力大于天体 C 对它的万有引力

D. 天体 A 做圆周运动的向心力等于天体 C 对它的万有引力

24. 已知地球质量大约是月球质量的 81 倍，地球半径大约是月球半径的 4 倍。不考虑地球、月球自转的影响，由以上数据可推算出(　　)

A. 地球的平均密度与月球的平均密度之比约为 9∶8

B. 地球表面重力加速度与月球表面重力加速度之比约为 9∶4

C. 靠近地球表面沿圆轨道运行的航天器的周期与靠近月球表面沿圆轨道运行的航天器的周期之比约为 8∶9

D. 靠近地球表面沿圆轨道运行的航天器的线速度与靠近月球表面沿圆轨道运行的航天器的线速度之比约为 81∶4

25. 天文学家新发现了太阳系外的一颗行星。这颗行星的体积是地球的 4.7 倍，质量是地球的 25 倍。已知某一近地卫星绕地球运动的周期约为 1.4 小时，引力常量 $G=6.67\times10^{-11}\ N\cdot m^2/kg^2$，由此估算该行星的平均密度约为(　　)

A. $1.8\times10^3\ kg/m^3$　　B. $5.6\times10^3\ kg/m^3$

C. $1.1\times10^4\ kg/m^3$　　D. $2.9\times10^4\ kg/m^3$

26. 卫星电话在抢险救灾中能发挥重要作用。第一代、第二代海事卫星只使用静止轨道卫星，不能覆盖地球上的高纬度地区。第三代海事卫星采用同步和中轨道卫星结合的方案，它由 4 颗同步卫星与 12 颗中轨道卫星构成。中轨道卫星高度为 10 354 千米，分布在几个轨道平面上(与赤道平面有一定的夹角)。在这个高度上，卫星沿轨道旋转一周的时间为四分之一天。下列说法中正确的是(　　)

A. 中轨道卫星的线速度小于同步卫星的线速度

B. 中轨道卫星的线速度大于同步卫星的线速度

C. 在中轨道卫星经过地面某点的正上方的一天后，该卫星还在地面该点的正上方

D. 如果某一时刻中轨道卫星、同步卫星与地球的球心在同一直线上，那么经过 6 小时它们仍在同一直线上

27. 某同学在学习中记录了一些与地球、月球有关的数据资料如表中所示，利用这些数据来计算地球表面与月球表面的距离 s，则下列运算公式中正确的是(　　)

地球半径	$R=6\ 400$ km
月球半径	$r=1\ 740$ km
地球表面重力加速度	$g_{地}=9.80\ m/s^2$
月球表面重力加速度	$g'=1.56\ m/s^2$
月球绕地球转动的线速度	$v=1$ km/s
月球绕地球转动周期	$T=27.3$ 天
光速	$c=2.998\times10^5$ km/s
用激光器向月球表面发射激光光束，经过约 $t=2.565$ s 接收到从月球表面反射回来的激光信号	

A. $s=c\cdot\frac{t}{2}$　　B. $s=\frac{vT}{2\pi}-R-r$

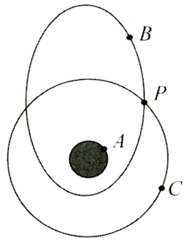
C. $s=\frac{v^2}{g}-R-r$　　D. $s=\sqrt[3]{\frac{g_{地}R^2T^2}{4\pi^2}}-R-r$

28. 地球赤道上有一物体随地球的自转，所受的向心力为 F_1，向心加速度为 a_1，线速度为 v_1，角速度为 ω_1；绕地球表面附近做圆周运动的人造卫星(高度忽略)，所受的向心力为 F_2，向心加速度为 a_2，线速度为 v_2，角速度为 ω_2；地球的同步卫星所受的向心力为 F_3，向心加速度为 a_3，线速度为 v_3，角速度为 ω_3；地球表面的重力加速度为 g，第一宇宙速度为 v，假设三者质量相等，则(　　)

A. $F_1=F_2>F_3$　　B. $a_1=a_2=g>a_3$

C. $v_1=v_2=v>v_3$　　D. $\omega_1=\omega_3<\omega_2$

29. 如图所示，A 为静止于地球赤道上的物体，B 为绕地球椭圆轨道运行的卫星，C 为绕地球做圆周运动的卫星，P 为 B、C 两卫星轨道的交点。已知 A、B、C 绕地心运动的周期相同。下列说法正确的是(　　)



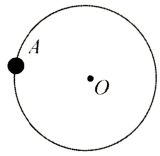
A. 相对于地心，卫星 C 的运行速率等于物体 A 的速率

B. 相对于地心，卫星 C 的运行速率大于物体 A 的速率

C. 卫星 B 在 P 点的运行加速度等于卫星 C 在该点的运行加速度

D. 卫星 B 在 P 点的运行加速度大于卫星 C 在该点的运行加速度

30. 经长期观测发现，A 行星运行的轨道半径为 R_0，周期为 T_0。但其实际运行的轨道与圆轨道总存在一些偏离，且周期性地每隔 t_0 时间发生一次最大的偏离。如图所示，天文学家认为形成这种现象的原因可能是 A 行星外侧还存在着一颗未知行星 B，则行星 B 运动轨道半径为（　　）



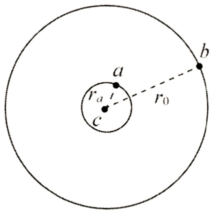
A. $R=R_0\sqrt[3]{\frac{t_0^2}{(t_0-T_0)^2}}$

B. $R=R_0\,\frac{t_0}{t_0-T}$

C. $R=R_0\sqrt[3]{\frac{t_0}{(t_0-T_0)^2}}$

D. $R=R_0\sqrt[3]{\frac{t_0^2}{t_0-T_0}}$

31. 如图所示，三个质点 a、b、c 质量分别为 m_1、m_2、M（$M\gg m_1$，$M\gg m_2$）。在 c 的万有引力作用下，a、b 在同一平面内绕 c 沿逆时针方向做匀速圆周运动，它们的周期之比 $T_a:T_b=1:k$；从图示位置开始，在 b 运动一周的过程中，则（　　）



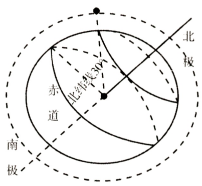
A. a、b 距离最近的次数为 k

B. a、b 距离最近的次数为 $k-1$

C. a、b、c 共线的次数为 $2k$

D. a、b、c 共线的次数为 $2k-2$

32. 如图所示，极地卫星的运行轨道平面通过地球的南北两极（轨道可视为圆轨道）。若已知一个极地卫星从北纬 30°的正上方，按图示方向第一次运行至南纬 60°正上方时所用时间为 t，地球半径为 R（地球可看做球体），地球表面的重力加速度为 g，引力常量为 G。由以上条件可以求出（　　）



A. 卫星运行的周期

B. 卫星距地面的高度

C. 卫星的质量

D. 地球的质量

33. 近年来，自然灾害在世界各地频频发生，给人类带来巨大损失。科学家们对其中地震、海啸的研究结果表明，地球的自转将因此缓慢变快。下列说法正确的是（　　）

A. “天宫一号”飞行器的高度要略调高一点

B. 地球赤道上物体的重力会略变大

C. 地球同步卫星的高度要略调低一点

D. 地球的第一宇宙速度将略变小

34. 设一卫星在离地面高 h 处绕地球做匀速圆周运动，其动能为 E_{k1}，重力势能为 E_{p1}。与该卫星等质量的另一卫星在离地面高 $2h$ 处绕地球做匀速圆周运动，其动能为 E_{k2}，重力势能为 E_{p2}。则下列关系式中正确的是（　　）

A. $E_{k1}>E_{k2}$

B. $E_{p1}>E_{p2}$

C. $E_{k1}+E_{p1}=E_{k2}+E_{p2}$

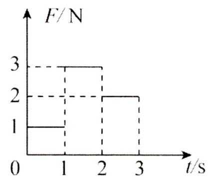
D. $E_{k1}+E_{p1}<E_{k2}+E_{p2}$

专题六　机械能及其守恒定律

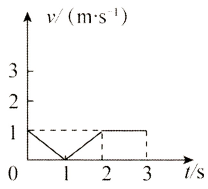
典例剖析

考点 1　恒力做功的计算

【例 1】一滑块在水平地面上沿直线滑行，$t=0$ 时其速度为 1 m/s。从此刻开始滑块运动方向上再施加一水平面作用力 F，力 F 和滑块的速度 v 随时间的变化规律分别如图 a 和图 b 所示。设在第 1 秒内、第 2 秒内、第 3 秒内力 F 对滑块做的功分别为 W_1、W_2、W_3，则以下关系式正确的是（　　）



图a



图b

A. $W_1=W_2=W_3$　　B. $W_1<W_2<W_3$

C. $W_1<W_3<W_2$　　D. $W_1=W_2<W_3$

解析

答案：B

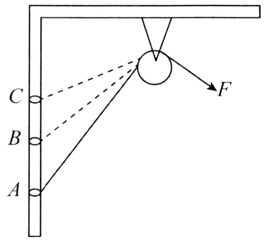
解析：由 $v-t$ 图象可知第 1 秒内、第 2 秒内、第 3 秒内的力和位移均为正方向，$x_1=\frac{v_0}{2}t=\frac{1}{2}$ m，$x_2=\frac{v_0}{2}t=\frac{1}{2}$ m，$x_3=v_0t=1$ m，$F_1=1$ N，$F_2=3$ N，$F_3=2$ N

$W_1=F_1x_1=\frac{1}{2}$ J，$W_2=F_2x_2=\frac{3}{2}$ J，$W_3=F_3x_3=2$ J，所以 B 选项正确。

感悟方法：计算恒力做功，一般都用功的定义式 $W=Fx\cos\theta$ 即可。

考点 2　变力做功的计算

【例 2】如图所示，固定的光滑竖直杆上套着一个滑块，用轻绳系着滑块绕过光滑的定滑轮，以大小恒定的拉力 F 拉绳，使滑块从 A 点起由静止开始上升。若从 A 点上升至 B 点和从 B 点上升至 C 点的过程中拉力 F 做的功分别为 W_1、W_2，滑块经 B、C 两点时的动能分别为 E_{kB}、E_{kC}，图中 $AB=BC$，则一定有（　　）



A. $W_1>W_2$　　B. $W_1<W_2$

C. $E_{kB}>E_{kC}$　　D. $E_{kB}<E_{kC}$

解析

答案：A

解析：由图可分析出，从 A 到 B 过程中绳端移动的距离 Δs_1 大于从 B 移到 C 过程中，绳端移动的距离 Δs_2，

据 $W_1=F\Delta s_1$，$W_2=F\Delta s_2$，可知 $W_1>W_2$。

因 F 大小未知，则物体由 A 到 C 的过程的加速、减速情况难以确定。故 A 项正确。

感悟方法：变力做功的基本思维是"转化"，转化的一般方法有两种，一种是将变化通过微元、平均、转移等将变力做功转化为恒力做功；一种是根据功能关系，将变力做功转变为能量的变化。

考点 3　瞬时功率与平均功率

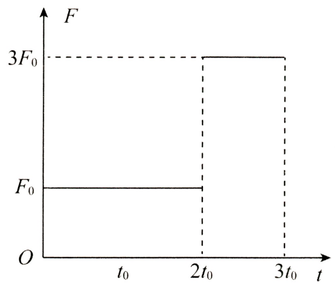
【例 3】质量为 m 的物体静止在光滑水平面上，从 $t=0$ 时刻开始受到水平力的作用。力的大小 F 与时间 t 的关系如图所示，力的方向保持不变，则(　　)

A. $3t_0$ 时刻的瞬时功率为 $\frac{5F_0^2t_0}{m}$

B. $3t_0$ 时刻的瞬时功率为 $\frac{15F_0^2t_0}{m}$

C. 在 $0\sim3t_0$ 这段时间内，水平力的平均功率为 $\frac{23F_0^2t_0}{4m}$

D. 在 $0\sim3t_0$ 这段时间内，水平力的平均功率为 $\frac{25F_0^2t_0}{6m}$



●解析

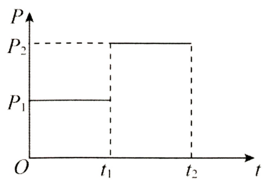
答案：BD

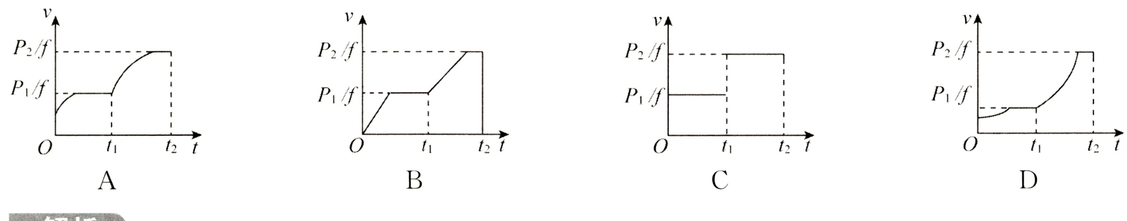
解析：$0\sim2t_0$ 物体的加速度为 $a=\frac{F_0}{m}$，$2t_0$ 时刻的速度为 $v_1=a\cdot2t_0=\frac{2F_0t_0}{m}$，在 $3t_0$ 时刻的瞬时速度 $v_2=v_1+3a\cdot t_0=\frac{5F_0t_0}{m}$，则 $3t_0$ 时刻的瞬时功率为 $P=3F_0\cdot\frac{5F_0t_0}{m}=\frac{15F_0^2t_0}{m}$，A 错误，B 正确；在 $0\sim3t_0$ 这段时间内，由动能定理可得 $W=\Delta E_k=\frac{1}{2}mv_2^2=\frac{25F_0^2t_0^2}{2m}$，则这段时间内的平均功率 $\overline{P}=\frac{25F_0^2t_0}{6m}$，D 正确。

感悟方法：瞬时功率计算一般用 $P=Fv\cos\theta$，平均功率的计算一般用 $P=\frac{W}{t}$。

考点 4　机车启动问题

【例 4】一汽车在平直公路上行驶。从某时刻开始计时，发动机的功率 P 随时间 t 的变化如图所示。假定汽车所受阻力 f 的大小恒定不变。下列描述该汽车的速度 v 随时间 t 变化的图线中，可能正确的是(　　)





●解析

答案：A

解析：$0\sim t_1$ 时间内，功率 P_1 不变，这一段时间如果匀速，那么速度 $v_1=\frac{P_1}{f}$，在 t_1 时刻开始功率突然变大，则牵引力突然变大，牵引力大于阻力，则汽车的速度增加，由 $P_2=Fv$ 得 v 增加时 F 减小，故应做加速度减小的加速运动直至匀速，C 错误；如果 $0\sim t_1$ 时间内加速，由 $P_1=Fv$ 得 $0\sim t_1$ 时间内应做加速度减小的加速运动直至匀速，故 A 正确，B、D 错误。

感悟方法：机车启动问题有两种情况：一种是恒定功率启动，机车做加速度减小的加速运动，最后做匀速运动；一种是匀加速启动，机车先做匀加速运动，当功率达到额定功率后，再做加速度减小的加速运动，最后做匀速运动。

考点 5　用动能定理解决多过程问题

【例 5】以初速度 v_0 竖直向上抛出一质量为 m 的小物块。假定物块所受的空气阻力 f 大小不变。已知重力加速度为 g，则物体上升的最大高度和返回到原抛出点的速率分别为(　　)

A. $\dfrac{v_0^2}{2g\left(1+\dfrac{f}{mg}\right)}$ 和 $v_0\sqrt{\dfrac{mg-f}{mg+f}}$

B. $\dfrac{v_0^2}{2g\left(1+\dfrac{f}{mg}\right)}$ 和 $v_0\sqrt{\dfrac{mg}{mg+f}}$

C. $\dfrac{v_0^2}{2g\left(1+\dfrac{2f}{mg}\right)}$ 和 $v_0\sqrt{\dfrac{mg}{mg+f}}$

D. $\dfrac{v_0^2}{2g\left(1+\dfrac{2f}{mg}\right)}$ 和 $v_0\sqrt{\dfrac{mg-f}{mg+f}}$

●解析

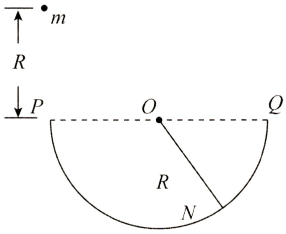
答案：A

解析：上升的过程中，重力做负功，阻力 f 做负功，由动能定理得 $-(mgh+fh)=-\dfrac{1}{2}mv_0^2$，$h=\dfrac{v_0^2}{2g(1+\dfrac{f}{mg})}$，求返回抛出点的速度由全程使用动能定理重力做功为零，只有阻力做功为 $-2fh=\dfrac{1}{2}mv^2-\dfrac{1}{2}mv_0^2$，解得 $v=v_0\sqrt{\dfrac{mg-f}{mg+f}}$，A 正确。

感悟方法：对于多过程问题，我们一般优先选用动能定理来解题。

考点 6　用动能定理求变力做功

【例 6】如图，一半径为 R，粗糙程度处处相同的半圆形轨道竖直固定放置，直径 POQ 水平。一质量为 m 的质点自 P 点上方高度 R 处由静止开始下落，恰好从 P 点进入轨道。质点滑到轨道最低点 N 时，对轨道的压力为 $4mg$，g 为重力加速度的大小。用 W 表示质点从 P 点运动到 N 点的过程中克服摩擦力所做的功。则(　　)



A. $W=\dfrac{1}{2}mgR$，质点恰好可以到达 Q 点

B. $W>\dfrac{1}{2}mgR$，质点不能到达 Q 点

C. $W=\dfrac{1}{2}mgR$，质点到达 Q 点后，继续上升一段距离

D. $W<\dfrac{1}{2}mgR$，质点到达 Q 点后，继续上升一段距离

●解析

答案：C

解析：根据质点滑到轨道最低点 N 时，对轨道压力为 $4mg$，由牛顿第三定律可知，轨道对质点的支持力为 $4mg$。在最低点，由牛顿第二定律得，$4mg-mg=m\dfrac{v^2}{R}$，解得质点滑到最低点的速度 $v=\sqrt{3gR}$。对质点从开始下落到滑到最低点的过程，由动能定理得，$2mgR-W=\dfrac{1}{2}mv^2$，解得 $W=\dfrac{1}{2}mgR$。对质点由最低点继续上滑的过程，到达 Q 点时克服摩擦力做的功 W' 要小于 $\dfrac{1}{2}mgR$。由此可知，质点到达 Q 点后，可继续上升一段距离，选项 C 正确，A、B、D 错误。

感悟方法：用动能定理求变力的功，本质上是采用了一种“转移”的方法，将难以计算的量转化为容易计算的量，这样起到了化难为易的效果。

考点 7　用功能原理解题

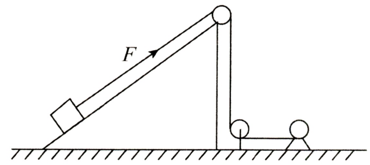
【例 7】如图，卷扬机的绳索通过定滑轮用力 F 拉位于粗糙斜面上的木箱，使之沿斜面加速向上移动。在移动过程中，下列说法正确的是(　　)

A. F 对木箱做的功等于木箱增加的动能与木箱克服摩擦力所做的功之和

B. F 对木箱做的功等于木箱克服摩擦力和克服重力所做的功之和

C. 木箱克服重力所做的功等于木箱增加的重力势能

D. F 对木箱做的功等于木箱增加的机械能与木箱克服摩擦力做的功之和



● 解析

答案：CD

解析：由功能关系 $W_F-W_f=\Delta E_k+\Delta E_p$ 得 $W_F=\Delta E_k+\Delta E_p+W_f$。所以选项 A、B 错误，D 正确；因为重力势能的变化仅与重力做功有关，重力做功多少，重力势能就改变多少，$W_G=-\Delta E_p$，选项 C 正确。

感悟方法：功是能量转化的量度，这是功的最本质定义。在解题时，我们要熟记：重力势能的变化取决于重力做的功；弹性势能的变化取决于弹簧弹力做的功；机械能的变化取决于除了系统重力与系统内部弹性力以外的力做的功；动能的变化取决于合外力所做的功。

考点 8　功能关系中的斜面模型

【例 8】如图所示，小物块与水平轨道、倾斜轨道之间的动摩擦因数均相同，小物块从倾角为 θ_1 的轨道上高度为 h 的 A 点由静止释放，运动至 B 点时速度为 v_1。现将倾斜轨道的倾角调至为 θ_2，仍将物块从轨道上高度为 h 的 A 点静止释放，运动至 B 点时速度为 v_2。已知 $\theta_2<\theta_1$，不计物块在轨道接触处的机械能损失。则(　　)

A. $v_1<v_2$

B. $v_1>v_2$

C. $v_1=v_2$

D. 由于不知道 θ_1、θ_2 的具体数值，v_1、v_2 关系无法判定

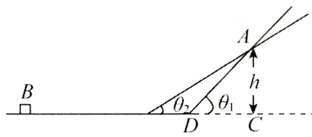


图 3

● 解析

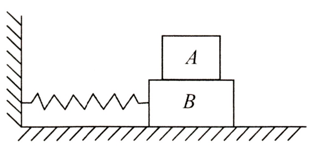
答案：C

解析：物体运动过程中摩擦力做负功，重力做正功，由动能定理可得 $mgh-\mu mg\cos\theta\cdot\dfrac{h}{\sin\theta}-\mu mgx_{BD}=\dfrac{1}{2}mv^2$，即 $mgh-\mu mg\cdot\dfrac{h}{\tan\theta}-\mu mgx_{BD}=\dfrac{1}{2}mv^2$，因为 $\dfrac{h}{\tan\theta}=x_{CD}$，所以 $mgh-\mu mgx_{BC}=\dfrac{1}{2}mv^2$，故到达 B 点的速度与倾斜轨道的倾角无关，所以 $v_1=v_2$，故选项 C 正确。

感悟方法：物体在斜面上运动，所受到的摩擦力对物体做的功等于物体在斜面的水平面投影面上运动时摩擦力做的功。

考点 9　一对静摩擦力对系统功能的影响

【例 9】如图所示，物体 A 置于物体 B 上，一轻质弹簧一端固定，另一端与 B 相连，在弹性限度范围内，A 和 B 一起在光滑水平面上做往复运动(不计空气阻力)，并保持相对静止，则下列说法正确的是(　　)



A. A 和 B 均做简谐运动

B. 作用在 A 上的静摩擦力大小与弹簧的形变量成正比

C. B 对 A 的静摩擦力对 A 做功，而 A 对 B 的静摩擦力对 B 不做功

D. B 对 A 的静摩擦力始终对 A 做正功，而 A 对 B 的静摩擦力始终对 B 做负功

●解析

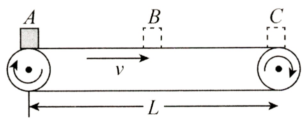
答案:AB

解析:A、B 保持相对静止,其水平方向的运动等效于水平方向弹簧振子的运动,故 A 对;A 物体做简谐运动的回复力是 B 对 A 的静摩擦力提供的,设 B 对 A 的静摩擦力为 F 时,弹簧伸长量为 x,对 A 物体有:$F=m_Aa$,对 A、B 整体有:$kx=(m_A+m_B)a$,联立得:$F=\dfrac{m_Akx}{m_A+m_B}$,由此可知 B 对;A 对 B 的静摩擦力对 B 做功,B 对 A 的静摩擦力可以对 A 做正功,也可以对 A 做负功,故 C、D 错。

感悟方法:一对静摩擦力所做功"一正一负",代数和必定为零。

考点 10　一对动摩擦力对系统功能的影响

【例 10】如图所示,水平传送带长为 L,始终以速度 v 保持匀速运动,把质量为 m 的货物无初速度地放到 A 点,当货物运动到 AC 的中点 B 时速度恰为 v,而后被传送到 C 点。货物与传送带间的动摩擦因数为 μ,重力加速度大小为 g。则货物从 A 点到 C 点的过程中(　　)



A. 摩擦力对货物做的功为 μmgL

B. 摩擦力对货物做功的平均功率为 $\frac{1}{2}\mu mgv$

C. 传送带克服摩擦力做功为 μmgL

D. 传送带克服摩擦力做功的平均功率为 $\frac{1}{2}\mu mgv$

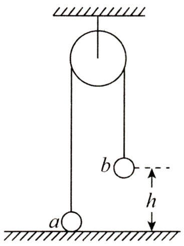
●解析

答案:BC

解析:由于货物在运动过程中,当速度达到 v 时,不再受摩擦力,故摩擦力所做的功 $W_f=\mu mg\cdot\frac{L}{2}$,故选项 A 错误;在货物加速过程中,摩擦力做功 $W_f=\mu mg\cdot\frac{L}{2}$,由运动学公式有 $\frac{L}{2}=\frac{v}{2}t_1$,因此 $t_1=\frac{L}{v}$;设货物从 A 点到 C 点所用时间为 t,从 A 点到 B 点摩擦力对货物做功的平均功率 $P_1=\dfrac{W_f}{t_1}=\dfrac{\mu mg\frac{L}{2}}{\frac{L}{v}}=\frac{1}{2}\mu mgv$,$t>t_1$,则全程摩擦水平均功率小于 $\frac{1}{2}\mu mgv$,故选项 B 错误;货物在加速过程中平均速度为 $\frac{v}{2}$,而传送带的速度为 v,货物加速运动的位移为 $\frac{L}{2}$,则传送带前进的位移一定为 L,故传送带克服摩擦力所做的功为 $W_f'=\mu mgL$,故选项 C 正确;货物从 B 点到 C 点所用时间 $t=\frac{L}{2v}$,所以,从 A 点到 C 点用时 $t_2=\frac{3L}{2v}$,故传送带克服摩擦力做功的平均功率应为 $P_2=\frac{W_f}{t}=\frac{2}{3}\mu mgv$,故选项 D 错误。

感悟方法:一对滑动摩擦力所做功虽然是"一正一负",但代数和必定为负。

考点 11　通过绳子相连的系统功能问题



【例 11】如图，一根长的、不可伸长的柔软轻绳跨过光滑定滑轮，绳两端各系一小球 a 和 b。a 球质量为 m，静置于地面；b 球质量为 $3m$，用手托往，高度为 h，此时轻绳刚好拉紧。从静止开始释放 b 后，a 可能达到的最大高度为(　　)

A. h　　　　B. $1.5h$

C. $2h$　　　　D. $2.5h$

●解析

答案：B

解析：b 着地前，根据牛顿第二定律：

对于 b：$3mg-T=3ma$　　①

对于 a：$T-mg=ma$　　②

①、②式相加得：$2mg=4ma$，$a=\frac{g}{2}$，$v^2=2ah$

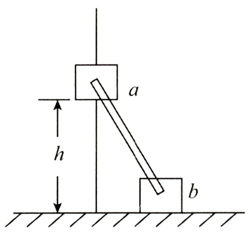
b 着地后，a 做竖直上抛运动，$v^2=2gh_1$

设最大高度为 H，则 $H=h+h_1$

所以 $H=h+\frac{h}{2}=\frac{3}{2}h$。

感悟方法：对于绳子连接的两个物体，绳子对两物体的拉力大小相同。在本题中，两物体的速度大小、位移大小相等，但要注意的是在有些问题中，绳子连接的两个物体的速度大小未必相等，位移大小也未必相等，各物体重力势能改变涉及的高度变化也未必相等。

考点 12　通过杆子相连的系统功能问题



【例 12】如图，滑块 a、b 的质量均为 m，a 套在固定竖直杆上，与光滑水平地面相距 h，b 放在地面上，a、b 通过铰链用刚性轻杆连接。由静止开始运动，不计摩擦，a、b 可视为质点，重力加速度大小为 g。则(　　)

A. a 落地前，轻杆对 b 一直做正功

B. a 落地时速度大小为 $\sqrt{2gh}$

C. a 下落过程中，其加速度大小始终不大于 g

D. a 落地前，当 a 的机械能最小时，b 对地面的压力大小为 mg

●解析

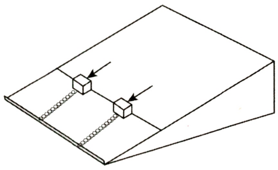
答案：BD

解析：由于刚性杆不伸缩，滑块 a、b 沿杆方向的分速度相等，滑块 a 落地时，速度方向竖直向下，故此时滑块 b 的速度为零，可见滑块 b 由静止开始先做加速运动后做减速运动，对滑块 b 受力分析，可知杆对滑块 b 先做正功，后做负功，选项 A 错误；因系统机械能守恒，则杆对滑块 a 先做负功，后做正功，做负功时，滑块 a 的加速度小于 g，做正功时，滑块 a 的加速度大于 g，选项 C 错误；杆对滑块 a 的弹力刚好为零时，a 的机械能最小，此时对滑块 b 受力分析，可知地面对 b 的支持力刚好等于 mg，根据牛顿第三定律，b 对地面的压力大小为 mg，选项 D 正确；由机械能守恒定律，可得 $mgh=\frac{1}{2}mv^2$，即 $v=\sqrt{2gh}$，选项 B 正确。

感悟方法：通过杆子连接的两个物体的速度大小未必相等，位移大小也未必相等，各物体重力势能改变涉及的高度变化也未必相等。

考点 13　弹簧问题中的功能问题

【例 13】如图，两根相同的轻质弹簧，沿足够长的光滑斜面放置，下端固定在斜面底部挡板上，斜面固定不动。质量不同、形状相同的两物块分别置于两弹簧上端。现用外力作用在物块上，使两弹簧具有相同的压缩量，若撤去外力后，两物块由静止沿斜面向上弹出并离开弹簧，则从撤去外力到物块速度第一次减为零的过程，两物块（　　）



A. 最大速度相同　　B. 最大加速度相同

C. 上升的最大高度不同　　D. 重力势能的变化量不同

●解析

答案：C

解析：设斜面倾角 θ，物块速度达到最大时，有 $kx=mg\sin\theta$，若 $m_1<m_2$，则 $x_1<x_2$，当质量为 m_1 的物块到达质量为 m_2 的物块速度最大位置的同一高度时，根据能量守恒得：$\Delta E_p=mg\Delta h+\frac{1}{2}mv^2$，所以 $v=\sqrt{\frac{2\Delta Ep}{m}-2g\Delta h}$，因为 $m_1<m_2$，所以 $v_1>v_{2\max}$，此时质量为 m_1 的物块还没达到最大速度，因此 $v_{1\max}>v_{2\max}$，故 A 错误；由于撤去外力前，两弹簧具有相同的压缩量，所以撤去外力时两弹簧的弹力相同，此时两物块的加速度最大，由牛顿第二定律可得 $a=\frac{F_{弹}-mg\sin\theta}{m}$，因为质量不同，所以最大加速度不同，故 B 错误；由于撤去外力前，两弹簧具有相同的压缩量，所以两弹簧与物块分别组成的两系统具有相同的弹性势能，物块上升过程中系统机械能守恒，所以上升到最大高度时，弹性势能全部转化为重力势能，所以两物块重力势能的增加量相同，故 D 错误；由 $E_p=mgh$ 可知，两物块的质量不同，所以上升的最大高度不同，故 C 正确。

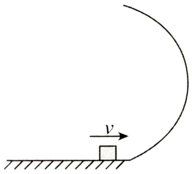
感悟方法：弹簧的弹性势能大小与弹簧的劲度系数以及弹簧的形变量有关，弹簧的弹性势能具有相对原长对称的特点，即弹簧伸长与收缩相等长度时，弹簧的弹性势能相等。

考点 14　功能关系中的极值问题

【例 14】如图所示，半圆形光滑轨道固定在水平地面上，半圆的直径与地面垂直。一小物块以速度 v 从轨道下端滑入轨道，并从轨道上端水平飞出，小物块落地点到轨道下端的距离与轨道半径有关，此距离最大时，对应的轨道半径为（重力加速度大小为 g）（　　）

A. $\frac{v^2}{16g}$　　B. $\frac{v^2}{8g}$

C. $\frac{v^2}{4g}$　　D. $\frac{v^2}{2g}$



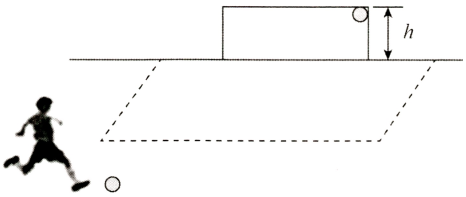
●解析

答案：B

解析：物块由最低点到最高点的过程，由机械能守恒定律得 $\frac{1}{2}mv^2=mg\cdot 2r+\frac{1}{2}mv_1^2$。物块做平抛运动时，落地点到轨道下端的距离 $x=v_1t$，$2r=\frac{1}{2}gt^2$，联立解得 $x=\sqrt{\frac{4v^2}{g}r-16r^2}$，由数学知识可知，当 $4r=\frac{v^2}{2g}$ 时，x 最大，即 $r=\frac{v^2}{8g}$，故选项 B 正确。

感悟方法：极值问题的求解方法一般有两种，一种是分析物理现象，找到临界状态，求出这个状态的值就是极值；一种是将物理问题转化为数学问题，用数学的方法来求解极值问题。

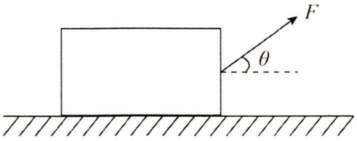
1. 在足球比赛中，甲队队员在乙队禁区附近主罚定位球，并将球从球门右上角贴着球门射入。如图所示，已知球门高度为 h，足球飞入球门时的速度为 v，足球质量为 m，不计空气阻力和足球的大小，则该队员对足球做的功为(　　)



A. $\frac{1}{2}mv^2$　　B. $mgh+\frac{1}{2}mv^2$

C. mgh　　D. $\frac{1}{2}mv^2-mgh$

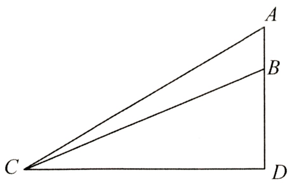
2. 水平地面上有一木箱，木箱与地面之间的动摩擦因数为 $\mu(0<\mu<1)$。现对木箱施加一拉力 F，使木箱做匀速直线运动。设 F 的方向与水平面夹角为 θ，如图，在 θ 从 0 逐渐增大到 90°的过程中，木箱的速度保持不变，则(　　)



A. F 先减小后增大　　B. F 一直增大

C. F 的功率减小　　D. F 的功率不变

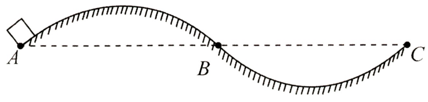
3. 如图所示，质量相同的物体分别自斜面 AC 和 BC 的顶端由静止开始下滑，物体与两斜面间的动摩擦因数相同，物体滑至斜面底部 C 点时的动能分别为 E_{kA} 和 E_{kB}，在滑行过程中克服摩擦力所做的功分别为 W_A 和 W_B，则有(　　)



A. $E_{kA}=E_{kB}, W_A>W_B$　　B. $E_{kA}<E_{kB}, W_A>W_B$

C. $E_{kA}>E_{kB}, W_A=W_B$　　D. $E_{kA}>E_{kB}, W_A<W_B$

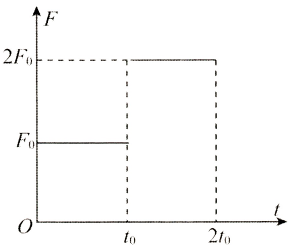
4. 如图，在竖直平面内，滑道 ABC 关于 B 点对称，且 A、B、C 三点在同一水平线上。若小滑块第一次由 A 滑到 C，所用时间为 t_1，第二次由 C 滑到 A，所用时间为 t_2，小滑块两次的初速度大小相同且运动过程始终沿着滑道滑行，小滑块与滑道的动摩擦因数恒定，则(　　)



A. $t_1<t_2$　　B. $t_1=t_2$

C. $t_1>t_2$　　D. 无法比较 t_1、t_2 的大小

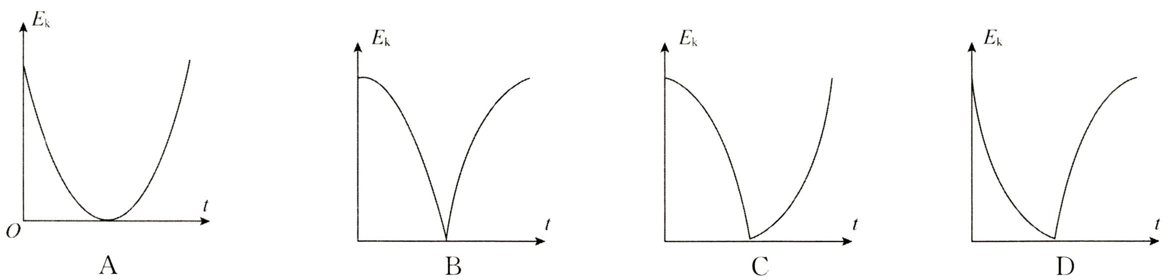
5. 一物体在外力的作用下从静止开始做直线运动，合外力方向不变，大小随时间的变化如图所示。设该物体在 t_0 和 $2t_0$ 时刻相对于出发点的位移分别是 x_1 和 x_2，速度分别是 v_1 和 v_2，合外力从开始至 t_0 时刻做的功是 W_1，从 t_0 至 $2t_0$ 时刻做的功是 W_2，则(　　)



A. $x_2=5x_1$　$v_2=3v_1$　　B. $x_1=9x_2$　$v_2=5v_1$

C. $x_2=5x_1$　$W_2=8W_1$　　D. $v_2=3v_1$　$W_2=9W_1$

6. 从地面竖直向上抛出一只小球，小球运动一段时间后落回地面。忽略空气阻力，该过程中小球的动能 E_k 与时间 t 的关系图象是(　　)



7. 一蹦极运动员身系弹性蹦极绳从水面上方的高台下落，到最低点时与水面还有数米距离。假定空气阻力可忽略，运动员可视为质点，下列说法正确的是(　　)

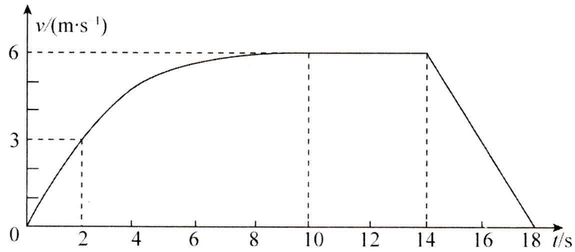
A. 运动员到达最低点前重力势能始终减小

B. 蹦极绳张紧后的下落过程中，弹力做负功，弹性势能增加

C. 蹦极过程中，运动员、地球和蹦极绳所组成的系统机械能守恒

D. 蹦极过程中，重力势能的改变与重力势能零点的选取有关

8. 某兴趣小组对一辆自制遥控小车的性能进行研究。他们让这辆小车在水平的直轨道上由静止开始运动，并将小车运动的全过程记录下来，通过处理转化为 $v-t$ 图象，如图所示(除 2～10 s 时间段图象为曲线外，其余时间段图象均为直线)。已知在小车运动的过程中，2～14 s 时间段内小车的功率保持不变，在 14 s 末停止遥控而让小车自由滑行，小车的质量为 1.0 kg，可认为在整个运动过程中小车所受到的阻力大小不变，则不正确的是(　　)



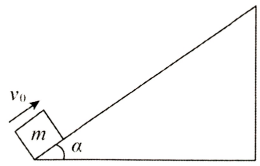
A. 小车受到的阻力大小为 1.5 N

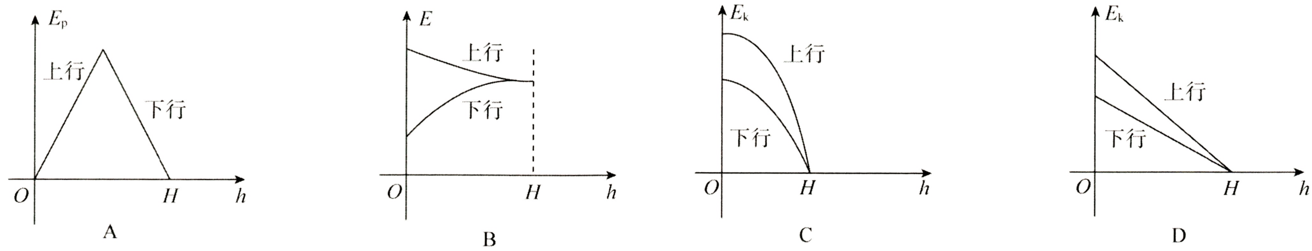
B. 小车加速阶段的功率为 9 W

C. 小车匀速行驶阶段的功率为 9 W

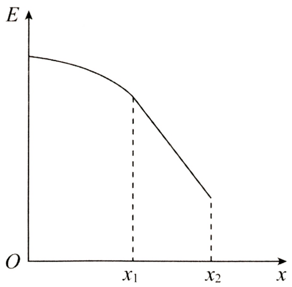
D. 小车加速过程中位移大小为 42 m

9. 如图所示，质量为 m 的滑块从斜面底端以平行于斜面的初速度 v_0 冲上固定斜面，沿斜面上升的最大高度为 H。已知斜面倾角为 α，斜面与滑块间的动摩擦因数为 μ，且 $\mu<\tan\alpha$，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，取斜面底端为零势能面，则能表示滑块在斜面上运动的机械能 E、动能 E_k、势能 E_p 与上升高度 h 之间关系的图象是(　　)





10. 空中花样跳伞是流行于全世界的一种极限运动。假设某跳伞运动员从静止在空中的飞机上无初速跳下，沿竖直方向下落，运动过程中，运动员受到的空气阻力随着速度的增大而增大，运动员的机械能与位移的关系图象如图所示，其中 $0\sim x_1$ 过程中的图线为曲线，$x_1\sim x_2$ 过程中的图线为直线。根据该图象，下列判断正确的是(　　)



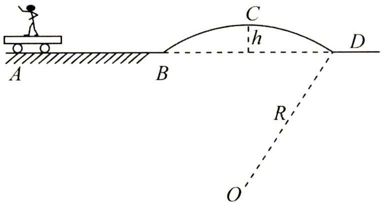
A. $0\sim x_1$ 过程中运动员受到的空气阻力是变力，且不断增大

B. $x_1\sim x_2$ 过程中运动员做匀速直线运动

C. $x_1\sim x_2$ 过程中运动员做变加速直线运动

D. $0\sim x_1$ 过程中运动员的动能不断增大

11. 滑板运动已成为青少年所喜爱的一种体育运动，如图所示，某同学正在进行滑板训练。图中 AB 段路面是水平的，BCD 是一段半径 $R=20$ m 的拱起的圆弧路面，圆弧的最高点 C 比 AB 段路面高出 $h=1.25$ m，若人与滑板的总质量为 $M=60$ kg。该同学自 A 点由静止开始运动，在 AB 路段他单腿用力蹬地，到达 B 点前停止蹬地，然后冲上圆弧路段，结果到达 C 点时恰好对地面压力等于 $\frac{Mg}{2}$，不计滑板与各路段之间的摩擦力及经过 B 点时的能量损失(g 取 10 m/s^2)。则(　　)



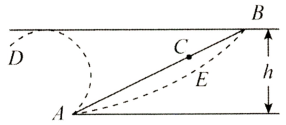
A. 该同学到达 C 点时的速度为 $10\sqrt{2}$ m/s

B. 该同学到达 C 点时的速度为 10 m/s

C. 该同学在 AB 段所做的功为 3 750 J

D. 该同学在 AB 段所做的功为 750 J

12. 如图，一物体从光滑斜面 AB 底端 A 点以初速度 v_0 上滑，沿斜面上升的最大高度为 h。下列说法中正确的是(设下列情境中物体从 A 点上滑的初速度仍为 v_0)(　　)



A. 若把斜面 CB 部分截去，物体冲过 C 点后上升的最大高度仍为 h

B. 若把斜面 AB 变成曲面 AEB，物体沿此曲面上升仍能到达 B 点

C. 若把斜面弯成圆弧形 D，物体仍能沿圆弧升高 h

D. 若把斜面从 C 点以上部分弯成与 C 点相切的圆弧状，物体上升的最大高度有可能仍为 h

13. 两实心小球甲和乙由同一种材料制成，甲球质量大于乙球质量。两球在空气中由静止下落，假设它们运动时受到的阻力与球的半径成正比，与球的速率无关。若它们下落相同的距离，则(　　)

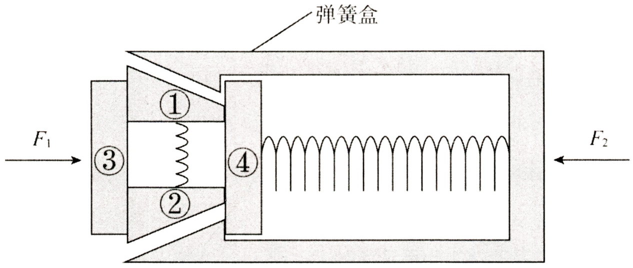
A. 甲球用的时间比乙球长

B. 甲球末速度的大小大于乙球末速度的大小

C. 甲球加速度的大小小于乙球加速度的大小

D. 甲球克服阻力做的功大于乙球克服阻力做的功

14. 如图是安装在列车车厢之间的摩擦缓冲器结构图，图中①和②为楔块，③和④为垫块，楔块与弹簧盒、垫块间均有摩擦，在车厢相互撞击时弹簧压缩的过程中(　　)



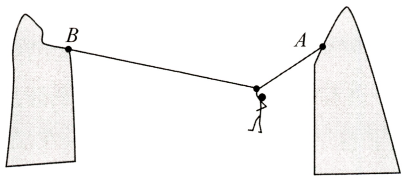
A. 缓冲器的机械能守恒

B. 摩擦力做功消耗机械能

C. 垫块的动能全部转化成内能

D. 弹簧的弹性势能全部转化为动能

15. 如图所示，一根绳的两端分别固定在两座山的 A、B 处，A、B 两点水平距离为 16 m，竖直距离为 2 m，A、B 间绳长为 20 m。质量为 10 kg 的猴子抓住套在绳上的滑环从 A 处滑到 B 处。以 A 点所在水平面为参考平面，猴子在滑行过程中重力势能最小值约为(绳处于拉直状态)(　　)



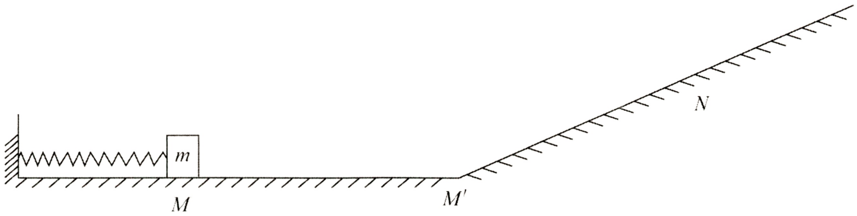
A. -1.2×10^3 J

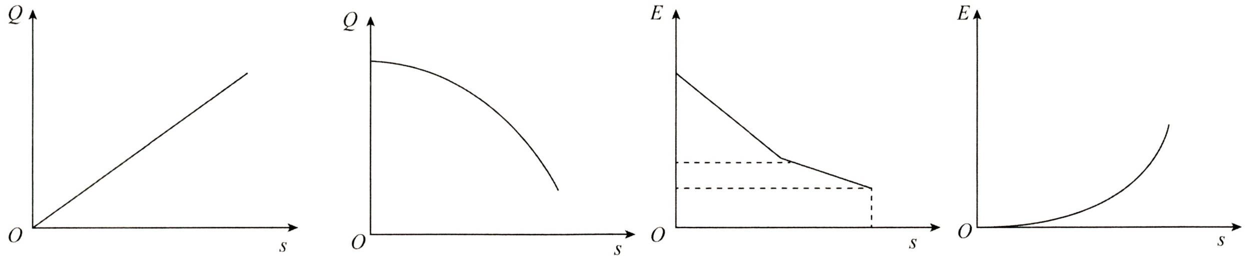
B. -7.5×10^2 J

C. -6.0×10^2 J

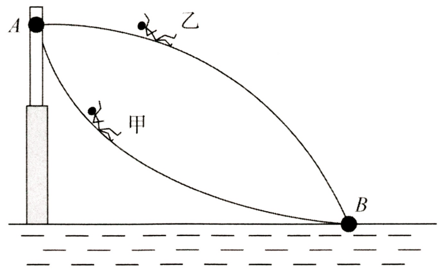
D. -2.0×10^2 J

16. 如图所示，质量为 m 的可看成质点的物块置于粗糙水平面上的 M 点，水平面的右端与固定的斜面平滑连接，物块与水平面及斜面之间的动摩擦因数处处相同。物块与弹簧未连接，开始时物块挤压弹簧使弹簧处于压缩状态。现从 M 点由静止释放物块，物块运动到 N 点时恰好静止。弹簧原长小于 MM'。若物块从 M 点运动到 N 点的过程中，物块与接触面之间由于摩擦所产生的热量为 Q，物块、弹簧与地球组成系统的机械能为 E，物块通过的路程为 s。不计转折处的能量损失，下列图象所描述的关系中可能正确的是(　　)





17. 如图，游乐场中，从高处 A 到水面 B 处有两条长度相同的光滑轨道。甲、乙两小孩沿不同轨道同时从 A 处自由滑向 B 处，下列说法正确的有(　　)



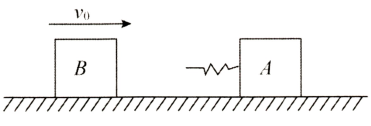
A. 甲的切向加速度始终比乙的大

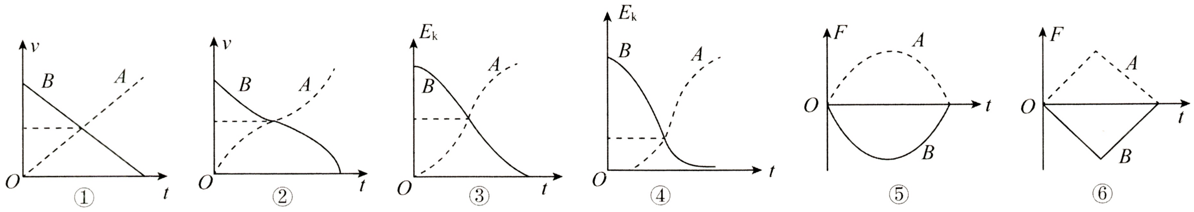
B. 甲、乙在同一高度的速度大小相等

C. 甲、乙在同一时刻总能到达同一高度

D. 甲比乙先到达 B 处

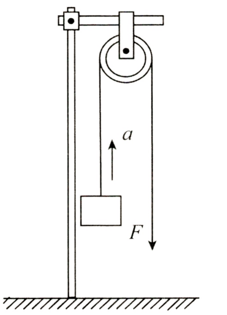
18. 如图所示，在足够大的光滑水平面上放有两个质量相等的物块 A 和 B，其中物块 A 连接一个轻弹簧并处于静止状态，物块 B 以水平初速度 v_0 向着物块 A 运动。物块 B 与弹簧相互作用过程中，两物块始终保持在同一条直线上运动，下列图象分别描绘了此过程 A、B 两物块的速度 v、动能 E_k 及所受弹力 F 随时间 t 的变化规律。能正确表示其关系的一组图象是(　　)





A. ④⑤　　B. ①⑥　　C. ③⑤　　D. ②⑥

19. 如图所示，一条轻绳一端通过定滑轮悬挂一个质量为 m 的重物，在另一端施加拉力 F，使重物从地面由静止开始加速向上运动。当重物上升高度为 h 时，轻绳断开，不计一切摩擦，则(　　)



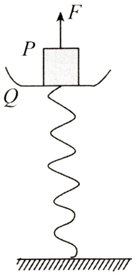
A. 重物从开始向上加速到轻绳断开的过程中重力势能的增量为 Fh

B. 轻绳断开瞬间重物重力的瞬时功率为 $-\sqrt{2(F-mg)mg^2h}$

C. 重物上升过程中机械能守恒

D. 重物落地前瞬间的动能为 Fh

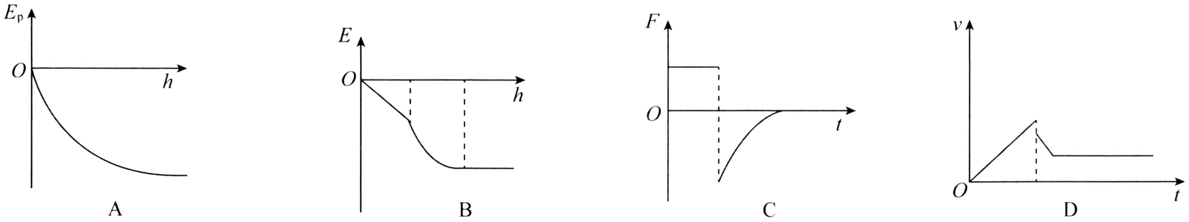
20. 一个轻质弹簧竖直放在水平地面上，Q 为与轻质弹簧上端连在一起的秤盘(质量不计)，P 为质量为 m 的物块，系统处于静止，如图所示。现给 P 施加一个方向竖直向上的恒力 F，当它从静止开始向上加速运动一小段距离 L 时，速度为 v，这一过程中，弹簧弹力做的功为(　　)



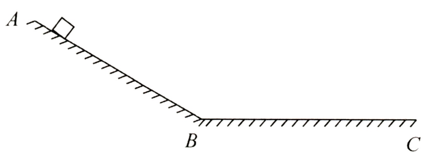
A. mgL　　B. FL

C. $FL-mgL$　　D. $mgL-FL+\frac{1}{2}mv^2$

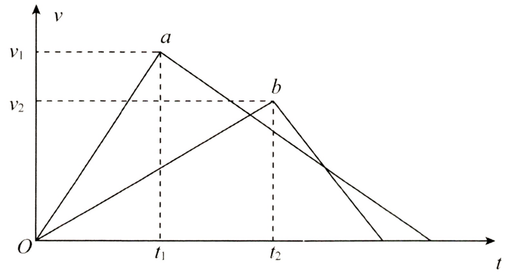
21. 运动员从悬停在空中的直升机上跳伞，伞打开前可看做是自由落体运动，开伞后减速下降，最后匀速下落。如果用 h 表示下落高度、t 表示下落的时间、F 表示人受到的合外力、E 表示人的机械能、E_p 表示人的重力势能、v 表示人下落的速度。在整个过程中，下列图象可能符合事实的是(　　)



22. 如图甲所示，斜面 AB 与水平面 BC 是由同种材料制成的。质量相等的可视为质点的 a、b 两物块，从斜面上的同一位置 A 由静止开始下滑，经 B 点在水平面上滑行一段时间后停止。不计经过 B 点时的能量损失，用传感器采集到它们的速度—时间图象如图乙所示，则由上述信息判断下列说法正确的是(　　)



甲



乙

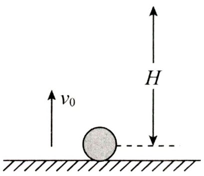
A. 在斜面上滑行的加速度物块 a 比物块 b 的小

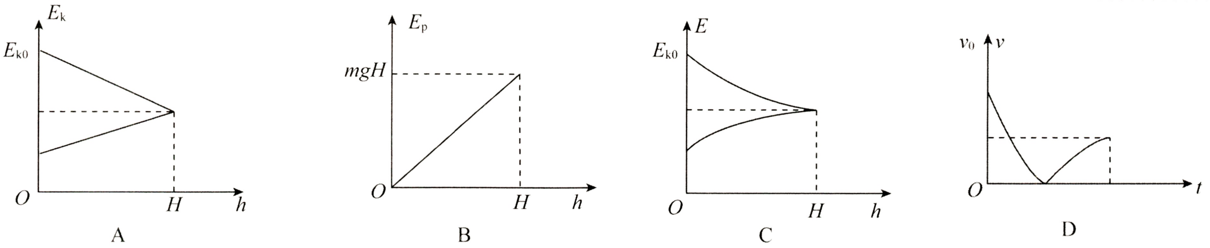
B. 在水平面上滑行的距离物块 a 比物块 b 的小

C. 与斜面间的动摩擦因数物块 a 比物块 b 的小

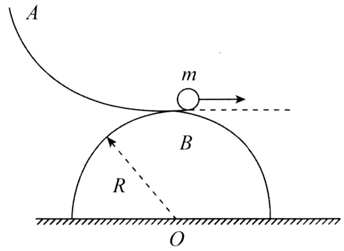
D. 在整个运动过程中克服摩擦力做的功物块 a 比物块 b 多

23. 质量为 m 的小球，以初速度 v_0 竖直向上抛出，小球上升的最大高度为 H，已知小球在运动过程中受到的空气阻力与速率成正比。设抛出点重力势能为零，则小球在运动过程中，下列关于小球的动能 E_k、重力势能 E_p、机械能 E 随高度 h，速率 v 随时间 t 变化的图线可能正确的有(　　)





24. 如图所示，固定在地面上、截面圆心为 O、半径为 R、表面粗糙的半圆柱体，其上方固定一个光滑曲线轨道 AB，AB 间的竖直高度为 R，轨道底端水平并与半圆柱体顶端相切于 B 点。质量为 m 的小球从 A 点沿轨道 AB 由静止开始滑下，最后在水平面上的落点为 C(图中未画出)，则(　　)



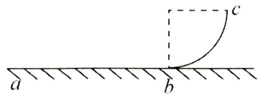
A. 小球将沿圆柱体表面做圆周运动滑至 C 点

B. 小球将沿圆柱体表面运动一段后脱离表面斜下抛至 C 点

C. 小球将做平抛运动到达 C 点

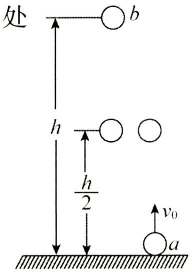
D. O、C 之间的距离为 $2R$

25. 如图，abc 是竖直面内的光滑固定轨道，ab 水平，长度为 $2R$；bc 是半径为 R 的四分之一的圆弧，与 ab 相切于 b 点。一质量为 m 的小球，始终受到与重力大小相等的水平外力的作用，自 a 点处从静止开始向右运动，重力加速度大小为 g。小球从 a 点开始运动到其轨迹最高点，机械能的增量为(　　)



A. $2mgR$　　B. $4mgR$　　C. $5mgR$　　D. $6mgR$

26. 如图所示，将小球 a 从地面以初速度 v_0 竖直上抛的同时，将另一相同质量的小球 b 从距地面 h 处由静止释放，两球恰在 $\frac{h}{2}$ 处相遇(不计空气阻力)。则(　　)



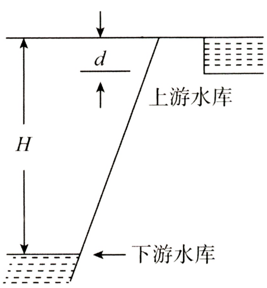
A. 两球同时落地

B. 相遇时两球速度大小相等

C. 从开始运动到相遇，球 a 动能的减少量等于球 b 动能的增加量

D. 相遇后的任意时刻，重力对球 a 做功功率和对球 b 做功功率相等

27. 沙河抽水蓄能电站自 2003 年投入运行以来，在缓解用电高峰电力紧张方面，取得了良好的社会效益和经济效益。抽水蓄能电站的工作原理是，在用电低谷时(如深夜)，电站利用电网多余电能把水抽到高处蓄水池中，到用电高峰时，再利用蓄水池中的水发电。如图所示，蓄水池(上游水库)可视为长方体，有效总库容量(可用于发电)为 V，蓄水后水位高出下游水面 H，发电过程中上游水库水位最大落差为 d。统计资料表明，该电站年抽水用电为 2.4×10^8 kW·h，年发电量为 1.8×10^8 kW·h。则下列计算结果正确的是(水的密度为 ρ，重力加速度为 g，涉及重力势能的计算均以下游水面为零势能面)(　　)



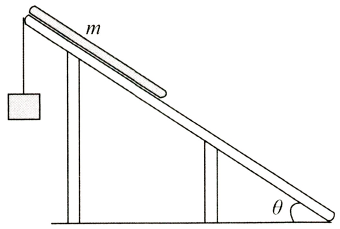
A. 能用于发电的水的最大重力势能 $E_p=\rho VgH$

B. 能用于发电的水的最大重力势能 $E_p=\rho Vg(H-\frac{d}{2})$

C. 电站的总效率达 75%

D. 该电站平均每天所发电能可供给一个大城市居民用电(电功率以 10^5 kW 计)约 10 h

28. 如图所示，倾角 $\theta=30°$ 的粗糙斜面固定在地面上，长为 l，质量为 m，粗细均匀，质量分布均匀的软绳置于斜面上，其上端与斜面顶端齐平。用细线将物块与软绳连接，物块由静止释放后向下运动，直到软绳刚好全部离开斜面(此时物块未到达地面)，在此过程中(　　)



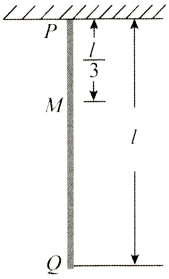
A. 物块的机械能逐渐增加

B. 软绳重力势能共减少了 $\frac{1}{4}mgl$

C. 物块重力势能的减少量等于软绳克服摩擦力所做的功

D. 软绳重力势能的减少量小于其动能的增加量与克服摩擦力所做功的和

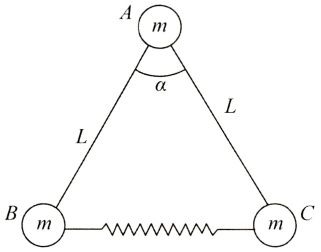
29. 如图，一质量为 m，长度为 L 的均匀柔软细绳 P 竖直悬挂。用外力将绳的下端 $\frac{1}{3}l$ 缓慢地竖直向上拉起至 M 点，M 点与绳的上端 P 相距 $\frac{1}{3}l$。重力加速度大小为 g。在此过程中，外力做的功为(　　)



A. $\frac{1}{9}mgl$　　　　B. $\frac{1}{6}mgl$

C. $\frac{1}{3}mgl$　　　　D. $\frac{1}{2}mgl$

30. 如图所示，三个小球 A、B、C 的质量均为 m，A 与 B、C 间通过铰链用轻杆连接，杆长为 L，B、C 置于水平地面上，用一轻质弹簧连接，弹簧处于原长。现 A 由静止释放下降到最低点，两轻杆间夹角 α 由 $60°$ 变为 $120°$，A、B、C 在同一竖直平面内运动，弹簧在弹性限度内，忽略一切摩擦，重力加速度为 g。则此下降过程中(　　)



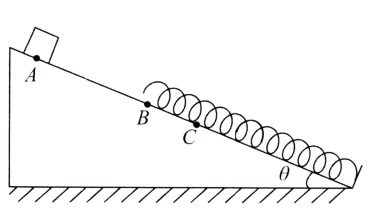
A. A 的动能达到最大前，B 受到地面的支持力小于 $\frac{3}{2}mg$

B. A 的动能最大时，B 受到地面的支持力等于 $\frac{3}{2}mg$

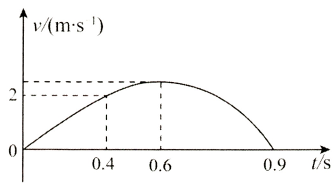
C. 弹簧的弹性势能最大时，A 的加速度方向竖直向下

D. 弹簧的弹性势能最大值为 $\frac{\sqrt{3}}{2}mgL$

31. 如图甲所示，将一倾角为 θ 的光滑斜面体固定在地面上，在斜面的底端固定一轻弹簧，弹簧处于原长时上端位于斜面上的 B 点。现将一质量为 $m=2$ kg 的可视为质点的滑块由斜面处的 A 点静止释放，最终将弹簧压缩到最短(此时弹簧上端位于 C 点)。已知滑块从释放到将弹簧压缩到最短的过程中，滑块的速度—时间图象如图乙所示。其中 0～0.4 s 内的图线为直线，其余部分均为曲线，且 $BC=1.2$ m，重力加速度 $g=10$ m/s^2。则下列说法正确的是(　　)



甲



乙

A. $\theta=\frac{\pi}{6}$　　　　B. 滑块在压缩弹簧的过程中机械能先增加后减小

C. 弹簧储存的最大弹性势能为 16 J　　　　D. 滑块从 C 点返回到 A 点的过程中，机械能一直增大

32. 有一辆质量为 170 kg、输出功率为 1 440 W 的太阳能试验汽车，安装有约 6 m^2 的太阳能电池板和蓄能电池，该电池板在有效光照条件下单位面积输出的电功率为 30W/m^2。若驾驶员的质量为 70 kg，汽车最大行驶速度为 90 km/h，假设汽车行驶时受到的阻力与其速度成正比，则汽车(　　)

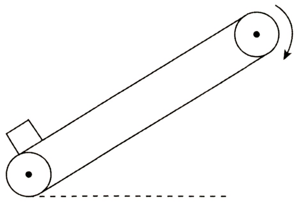
A. 以最大速度行驶时牵引力大小为 57.6 N

B. 以额定功率刚启动时的加速度大小为 0.24 m/s^2

C. 保持最大速度行驶 1 h 至少需要有效光照 8 h

D. 直接用太阳能电池板提供的功率可获得 3.13 m/s 的最大行驶速度

33. 如图所示，足够长的传送带以恒定速率顺时针运行，将一个物体轻轻放在传送带底端，第一阶段物体被加速到与传送带具有相同的速度，第二阶段与传送带相对静止，匀速运动到达传送带顶端。下列说法正确的是(　　)



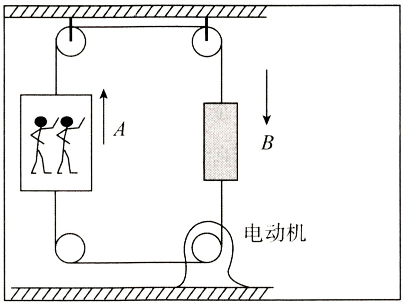
A. 第一阶段摩擦力对物体做正功，第二阶段摩擦力对物体不做功

B. 第一阶段摩擦力对物体做的功等于第一阶段物体动能的增加

C. 第一阶段物体和传送带间的摩擦生热等于第一阶段物体机械能的增加

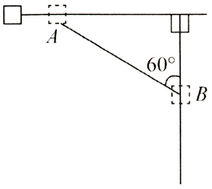
D. 物体从底端到顶端全过程机械能的增加等于全过程物体与传送带间的摩擦生热

34. 如图是一种升降电梯的示意图，A 为载人箱，B 为平衡重物，它们的质量均为 M，上下均有跨过滑轮的钢索系住，在电动机的牵引下使电梯上下运动. 如果电梯中载人的总质量为 m，匀速上升的速度为 v，电梯即将到顶层前关闭电动机，依靠惯性上升 h 高度后停止，在不计空气和摩擦阻力的情况下，h 为(　　)



A. $\frac{v^2}{2g}$　　B. $\frac{(M+m)v^2}{2mg}$　　C. $\frac{(M+m)v^2}{mg}$　　D. $\frac{(2M+m)v^2}{2mg}$

35. 有一竖直放置的“T”形架，表面光滑，滑块 A、B 分别套在水平杆与竖直杆上，A、B 用一不可伸长的轻细绳相连，A、B 质量相等，且可看做质点，如图所示，开始时细绳水平伸直，A、B 静止。由静止释放 B 后，已知当细绳与竖直方向的夹角为 60°时，滑块 B 沿着竖直杆下滑的速度为 v，则连接 A、B 的绳长为(　　)



A. $\frac{4v^2}{g}$　　B. $\frac{3v^2}{g}$　　C. $\frac{3v^2}{4g}$　　D. $\frac{4v^2}{3g}$

专题七　电场

典例剖析

考点 1　库仑定律的理解

【例 1】真空中两个完全相同、带等量同种电荷的金属小球 A 和 B(可视为点电荷),分别固定在两处,它们之间的静电力为 F,用一个不带电的同样金属球 C 先后与 A、B 球接触,然后移开球 C,此时 A、B 球间的静电力为(　　)

A. $\frac{F}{8}$　　B. $\frac{F}{4}$

C. $\frac{3F}{8}$　　D. $\frac{F}{2}$

解析

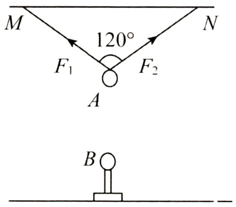
答案:C

解析:设 A、B 两小球开始时的带电荷量均为 Q,距离为 r,用一个不带电的同样小球 C 先后与 A、B 两小球接触,与 A 小球接触后,A、C 两小球的带电荷量均为 $\frac{Q}{2}$,C 再与 B 小球接触后,B、C 两小球的带电荷量均为 $\frac{3Q}{4}$,由库仑定律有,接触前 $F=\frac{kQ^2}{r^2}$,C 与 A、B 两球接触后 A、B 两小球间的静电力为 $F_{AB}=k\frac{\frac{Q}{2}\cdot\frac{3Q}{4}}{r^2}=\frac{3}{8}k\frac{Q^2}{r^2}=\frac{3}{8}F$,故选项 C 正确。

感悟方法:两个相同的金属球相互接触分开后,电荷量平分。

考点 2　库仑定律与物体的平衡

【例 2】如图所示,用两根长度相同的绝缘细线把一个质量为 0.1 kg 的小球 A 悬挂到水平板的 M、N 两点,A 上带有 $Q=3.0\times10^{-6}$C 的正电荷。两线夹角为 120°,两线上的拉力大小分别为 F_1 和 F_2。A 的正下方 0.3 m 处放有一带等量异种电荷的小球 B,B 与绝缘支架的总质量为 0.2 kg(重力加速度取 $g=10\ \text{m/s}^2$;静电力常量 $k=9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$,$A$、$B$ 球可视为点电荷),则(　　)



A. 支架对地面的压力大小为 2.0 N

B. 两线上的拉力大小 $F_1=F_2=1.9$ N

C. 将 B 水平右移,使 M、A、B 在同一直线上,此时两线上的拉力大小为 $F_1=1.225$ N,$F_2=1.0$ N

D. 将 B 移到无穷远处,两线上的拉力大小 $F_1=F_2=0.866$ N

● 解析

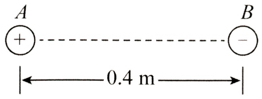
答案：BC

解析：A、B 间库仑力为引力，大小为 $F=k\frac{Q^2}{r^2}=0.9\ \text{N}$，B 与绝缘支架的总重力 $G_2=m_2g=2.0\ \text{N}$，由力的平衡可知，支架对地面的压力为 1.1 N，A 项错误；由于两线的夹角为 120°，根据对称性可知，两线上的拉力大小相等，与 A 的重力和库仑力的合力大小相等，即 $F_1=F_2=G_1+F=1.9\ \text{N}$，B 项正确；将 B 水平右移，使 M、A、B 在同一直线上，此时库仑力为 0.225 N，没有 B 时，F_1 上的拉力与 F_2 的重力相等，即等于 1.0 N，当 B 水平右移，使 M、A、B 在同一直线上时，F_2 上拉力不变，则根据力的平衡可得 $F_1=1.0\ \text{N}+0.225\ \text{N}=1.225\ \text{N}$，C 项正确；将 B 移到无穷远处，B 对 A 的作用力为零，两线上的拉力等于 A 球的重力大小，即为 1.0 N，D 项错误。

感悟方法：电场中的物体平衡，求解的思路就是“搭台唱戏”，台，就是电场；戏，就是力学规律，也就是利用力学规律分析求解电学问题。

考点 3　三个孤立共线点电荷的平衡规律

【例 3】如图所示，在一条直线上有两个相距 0.4 m 的点电荷 A、B，A 带电荷量 $+Q$，B 带电荷量 $-9Q$。现引入第三个点电荷 C，恰好使三个点电荷均在电场力的作用下处于平衡状态，则 C 的带电性质及位置应为(　　)



A. 正，B 的右边 0.4 m 处　　B. 正，B 的左边 0.2 m 处

C. 负，A 的左边 0.2 m 处　　D. 负，A 的右边 0.2 m 处

● 解析

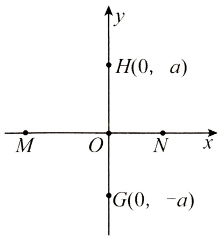
答案：C

解析：要使三个电荷均处于平衡状态，必须满足“两同夹异”“两大夹小”“近小远大”的原则，所以点电荷 C 应在 A 左侧，带负电。设在 A 左侧距 A 为 x 处，由于处于平衡状态，所以 $k\frac{Qq}{x^2}=k\frac{9Q\cdot q}{(0.4+x)^2}$，解得 $x=0.2\ \text{m}$，选项 C 正确。

感悟方法：三个自由带电体的平衡问题，具有这样的特点：“三点共线”，即三个点电荷分布在同一条直线上；“两同夹异”，即正、负电荷相互间隔；“两大夹小”，即中间电荷的电荷量最小；“近小远大”，即中间电荷靠近电荷量较小的电荷。

考点 4　电场的叠加

【例 4】直角坐标系 xOy 中，M、N 两点位于 x 轴上，G、H 两点坐标如图所示，M、N 两点各固定一负点电荷，一电荷量为 Q 的正点电荷置于 O 点时，G 点处的电场强度恰好为零。静电力常量用 k 表示。若将该正点电荷移到 G 点，则 H 点处场强的大小和方向分别为(　　)



A. $\frac{3kQ}{4a^2}$，沿 y 轴正向　　B. $\frac{3kQ}{4a^2}$，沿 y 轴负向　　C. $\frac{5kQ}{4a^2}$，沿 y 轴正向　　D. $\frac{5kQ}{4a^2}$，沿 y 轴负向

● 解析

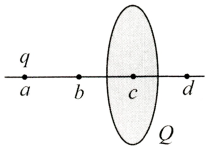
答案：B

解析：正点电荷在 O 点时，G 点场强为 0，即两负点电荷在 G 点的场强大小为 $E_1=\frac{kQ}{a^2}$，方向沿 y 轴正方向。由对称性知，两负点电荷在 H 处的场强大小为 $E_2=E_1=\frac{kQ}{a^2}$，方向沿 y 轴负方向。当把正点电荷放在 G 点时，在 H 处产生的场强的大小 $E_3=\frac{kQ}{4a^2}$，方向沿 y 轴正方向。所以 H 处场强大小 $E=E_2-E_3=\frac{3kQ}{4a^2}$，方向沿 y 轴负方向，选项 B 正确。

感悟方法：电场的叠加原理就是平行四边形定则。

考点 5　对称法求电场问题

【例 5】如图所示，一半径为 R 的圆盘上均匀分布着电荷量为 Q 的电荷，在垂直于圆盘且过圆心 c 的轴线上有 a、b、d 三个点，a 和 b、b 和 c、c 和 d 间的距离均为 R，在 a 点处有一电荷量为 $q(q>0)$ 的固定点电荷。已知 b 点处的场强为零，则 d 点处场强的大小为(k 为静电力常量)(　　)



A. $k\frac{3q}{R^2}$　　B. $k\frac{10q}{9R^2}$　　C. $k\frac{Q+q}{R^2}$　　D. $k\frac{9Q+q}{9R^2}$

● 解析

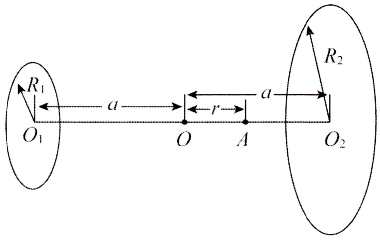
答案：B

解析：由于在 a 点放置一点电荷 q 后，b 点电场强度为零，说明点电荷 q 在 b 点产生的电场强度与圆盘上 Q 在 b 点产生的电场强度大小相等，即 $E_Q=E_q=k\frac{q}{R^2}$，根据对称性可知 Q 在 d 点产生的场强大小 $E_Q=k\frac{q}{R^2}$，则 $E_d=E_q'+E_Q=k\frac{q}{(3R)^2}+k\frac{q}{R^2}=k\frac{10q}{9R^2}$，故选项 B 正确。

感悟方法：对称是电场分布的一个特征，利用电场的对称特点可以巧妙解题。

考点 6　极限法求电场问题

【例 6】物理学中有些问题的结论不一定必须通过计算才能验证，有时只需通过一定的分析就可以判断结论是否正确。如图所示为两个彼此平行且共轴的半径分别为 R_1 和 R_2 的圆环，两圆环上的电荷量均为 $q(q>0)$，而且电荷均匀分布。两圆环的圆心 O_1 和 O_2 相距为 $2a$，连线的中点为 O，轴线上的 A 点在 O 点右侧与 O 点相距为 $r(r<a)$。试分析判断下列关于 A 点处电场强度大小 E 的表达式(式中 k 为静电力常量)正确的是(　　)



A. $E=\left|\frac{kqR_1}{[R_1^2+(a+r)^2]}-\frac{kqR_2}{[R_2^2+(a-r)^2]}\right|$　　B. $E=\left|\frac{kqR_1}{[R_1^2+(a+r)^2]^{\frac{3}{2}}}-\frac{kqR_2}{[R_2^2+(a-r)^2]^{\frac{3}{2}}}\right|$

C. $E=\left|\frac{kq(a+r)}{[R_1^2+(a+r)^2]}-\frac{kq(a-r)}{[R_2^2+(a+r)^2]}\right|$　　D. $E=\left|\frac{kq(a+r)}{[R_1^2+(a+r)^2]^{\frac{3}{2}}}-\frac{kq(a-r)}{[R_2^2+(a+r)^2]^{\frac{3}{2}}}\right|$

●解析

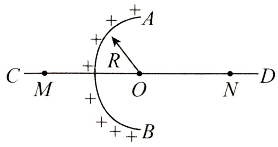
答案:D

解析:本题考查定性、极限分析问题的方法。与点电荷的场强公式 $E=k\dfrac{Q}{r^2}$ 比较可知,A、C 两项表达式的单位不是场强的单位,故可以排除;当 $r=a$ 时,右侧圆环在 A 点处产生的场强为零,则 A 点处场强只由左侧圆环上的电荷产生,即场强表达式只有一项,故 B 错误;综上所述,D 正确。

感悟方法:极限法是一种数学思想,利用极限法,可以将一般问题转化为我们所熟悉的模型问题。

考点 7　补偿法求电场问题

【例 7】均匀带电的球壳在球外空间产生的电场等效于电荷集中于球心处产生的电场。如图所示,在半球面 AB 上均匀分布正电荷,总电荷量为 q,球面半径为 R,CD 为通过半球面顶点与球心 O 的轴线,在轴线上有 M、N 两点,$OM=ON=2R$。已知 M 点的场强大小为 E,则 N 点的场强大小为(　　)



A. $\dfrac{kq}{2R^2}-E$　　B. $\dfrac{kq}{4R^2}$　　C. $\dfrac{kq}{4R^2}-E$　　D. $\dfrac{kq}{2R^2}+E$

●解析

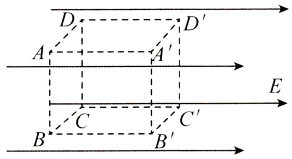
答案:A

解析:左半球面 AB 上的正电荷产生的电场等效为带正电荷为 $2q$ 的整个球面的电场和带电荷 $-q$ 的右半球面的电场的合电场,则 $E=k\dfrac{2q}{4R^2}-E'$,E' 为带电荷 $-q$ 的右半球面在 M 点产生的场强大小。带电荷 $-q$ 的右半球面在 M 点的场强大小与带正电荷为 q 的左半球面 AB 在 N 点的场强大小相等,则 $E_N=E'=k\dfrac{2q}{4R^2}-E=\dfrac{kq}{2R^2}-E$,则选项 A 正确。

感悟方法:补偿法是一种转化法,通过转化,可以将一般问题转化为我们所熟悉的模型问题。

考点 8　电场的能量特性

【例 8】如图所示的匀强电场 E 的区域内,由 A、B、C、D、A'、B'、C'、D' 作为顶点构成一正方体空间,电场方向与面 $ABCD$ 垂直。下列说法正确的是(　　)



A. AD 两点间电势差 U_{AD} 与 AA' 两点间电势差 $U_{AA'}$ 相等

B. 带正电的粒子从 A 点沿路径 $A\to D\to D'$ 移到 D' 点,电场力做正功

C. 带负电的粒子从 A 点沿路径 $A\to D\to D'$ 移到 D' 点,电势能减小

D. 带电的粒子从 A 点移到 C' 点,沿对角线 AC' 与沿路径 $A\to B\to B'\to C'$ 电场力做功相同

●解析

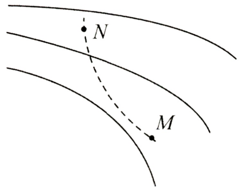
答案:BD

解析:在电场中顺着电场线方向电势降落,沿着电场线的一段距离才对应电势差,选项 A 错误;带正电的粒子顺着电场线运动,电场力做正功,选项 B 正确;带负电的粒子顺着电场线运动,电场力做负功,电势能增加,选项 C 错误;电场力做功与路径无关,选项 D 正确。

感悟方法:要掌握电场力做功与电势能变化的关系:电场力做正功,电势能减少;电场力做负功,电势能增加。

考点 9　带电粒子在电场中运动的轨迹问题

【例 9】如图所示，实线表示某电场的电场线(方向未标出)，虚线是一带负电的粒子只在电场力作用下的运动轨迹，设 M 点和 N 点的电势分别为 φ_M、φ_N，粒子在 M 和 N 时加速度大小分别为 a_M、a_N，速度大小分别为 v_M、v_N，电势能分别为 E_{PM}、E_{PN}。下列判断正确的是(　　)



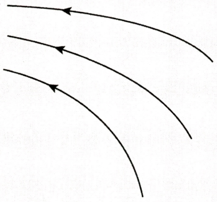
A. $v_M<v_N$，$a_M<a_N$　　B. $v_M<v_N$，$\varphi_M<\varphi_N$

C. $\varphi_M<\varphi_N$，$E_{PM}<E_{PN}$　　D. $a_M<a_N$，$E_{PM}<E_{PN}$

●解析

答案：D

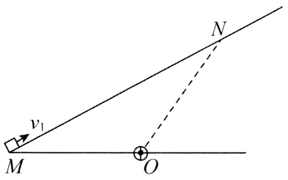
解析：由粒子轨迹弯曲方向及电场线分布情况可知，粒子所受电场力方向沿电场线切线方向，设粒子由 M 向 N 运动，则速度方向沿轨迹切线方向，电场力方向与粒子速度方向的夹角为钝角，电场力做负功，电势能增大，动能减小，所以 $v_M>v_N$，$E_{PM}<E_{PN}$，A、B 项错误；电场线疏密程度表示电场强度大小，故粒子在 M 点所受电场力的大小小于在 N 点所受电场力的大小，由牛顿第二定律可知，$a_M<a_N$，D 项正确；由于电场线方向如图所示，所以 M 点电势较 N 点的高，C 项错误。



感悟方法：解决这类轨迹问题，要熟练掌握曲线运动的特点：速度方向是轨迹的切线方向，电场力方向指向轨迹的凹侧，轨迹夹在电场力和速度之间。另外，还有电场力与电场线的方向关系：正电荷受到的电场力与电场线的切线方向相同，负电荷受到的电场力与电场线的切线方向相反。

考点 10　点电荷电场模型

【例 10】如图所示，粗糙程度均匀的绝缘斜面下方 O 点处有一正点电荷，带负电的小物体以初速度 v_1 从 M 点沿斜面上滑，到达 N 点时速度为零，然后下滑回到 M 点，此时速度为 v_2($v_2<v_1$)。若小物体电荷量保持不变，$OM=ON$，则(　　)



A. 小物体上升的最大高度为 $\frac{v_1^2+v_2^2}{4g}$

B. 从 N 到 M 的过程中，小物体的电势能逐渐减小

C. 从 M 到 N 的过程中，电场力对小物体先做负功后做正功

D. 从 N 到 M 的过程中，小物体受到的摩擦力和电场力均是先增大后减小

●解析

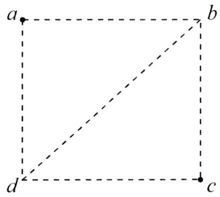
答案：AD

解析：设斜面倾角为θ、上升过程沿斜面运动的最大距离为L。因为$OM=ON$，则MN两点电势相等，小物体从M到N、从N到M电场力做功均为0。上滑和下滑经过同一个位置时，垂直斜面方向上电场力的分力相等，则经过相等的一小段位移在上滑和下滑过程中电场力分力对应的摩擦力所做的功均为相等的负功，所以上滑和下滑过程克服电场力产生的摩擦力所做的功相等、并设为W_1。在上滑和下滑过程，对小物体，应用动能定理分别有：$-mgL\sin\theta-W_1=-\frac{mv_1^2}{2}$和$mgL\sin\theta-W_1=\frac{mv_2^2}{2}$，上两式相减可得$L\sin\theta=\frac{v_1^2+v_2^2}{4g}$，A对；由$OM=ON$，可知电场力对小物体先做正功后做负功，电势能先减小后增大，B、C错；从N到M的过程中，小物体受到的电场力垂直斜面的分力先增大后减小，而重力分力不变，则摩擦力先增大后减小，在此过程中小物体到O的距离先减小后增大，根据库仑定律可知小物体受到的电场力先增大后减小，D对。

感悟方法：解答本题，要熟练掌握点电荷电场模型：电场线的分布呈现"光芒四射"的特点，等势面的特点是以点电荷为球心的一簇同心球面。

考点11　一对等量同种点电荷电场模型

【例11】在光滑的绝缘水平面上，有一个正方形的$abcd$，顶点a、c处分别固定一个正点电荷，电荷量相等，如图所示。若将一个带负电的粒子置于b点，自由释放，粒子将沿着对角线bd往复运动。粒子从b点运动到d点的过程中（　　）



A. 先做匀加速运动，后做匀减速运动

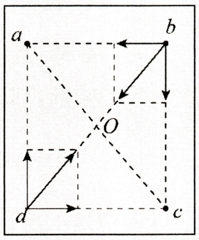
B. 先从高电势到低电势，后从低电势到高电势

C. 电势能与机械能之和先增大，后减小

D. 电势能先减小，后增大

●解析

答案：D

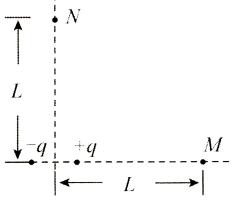


解析：由于带负电的粒子受到的电场力是变力，加速度是变化的，所以A错；由等量正电荷的电场分布知道，在两电荷ac连线的中垂线bd的交点O点的电势最高，所以从b到a，电势是先增大后减小，故B错；由于只有电场力做功，所以只有电势能与动能的相互转化，故电势能与机械能之和守恒，C错；由b到O电场力做正功，电势能减小，由O到d电场力做负功，电势能增加，D对。

感悟方法：解答本题，要熟练掌握一对等量同种点电荷的电场模型：两点电荷连线上，中点的场强为零，向两侧场强逐渐增大；两点电荷连线的中垂线上由中点O到无限远，场强先变大后变小。

考点12　一对等量异种点电荷电场模型

【例12】如图所示，两等量异种的点电荷相距为$2a$。M与两点电荷共线，N位于两点电荷连线的中垂线上，两点电荷连线中点到M和N的距离都为L，且$L\gg a$。略去$(a/L)^n(n\geq2)$项的影响，则两点电荷的合电场在M和N点的强度（　　）



A. 大小之比为2，方向相反

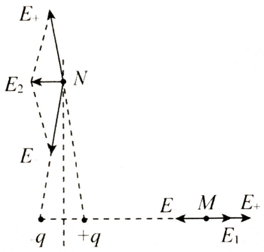
B. 大小之比为1，方向相反

C. 大小均与a成正比，方向相反

D. 大小均与L的平方成反比，方向相互垂直

●解析

答案:AC



解析:如图所示,合电场在 M 和 N 点的强度分别为 $E_1=\frac{kq}{(L-a)^2}-\frac{kq}{(L+a)^2}=\frac{4kqa}{L^3}$、$E_2=2\frac{kq}{L^2+a^2}\times\frac{a}{\sqrt{L^2+a^2}}=\frac{2kqa}{L^3}$,由以上两式可知 M 点是 N 点场强的 2 倍,方向相斥,且都与 a 与正比,选项 A、C 正确。

感悟方法:解答本题,要熟练掌握一对等量异种点电荷的电场模型:两点电荷连线上,沿电场线方向场强先变小再变大,中点处场强最小;两点电荷连线的中垂线上电场强度方向相同,总与中垂线垂直且指向负电荷一侧,中垂线的电势处处与无穷远处相同,即为零。

考点 13　带电平板电场模型

【例 13】如图 1 所示,半径为 R 的均匀带电圆形平板,单位面积带电荷量为 σ,其轴线上任意一点 P(坐标为 x)的电场强度可以由库仑定律和电场强度的叠加原理求出:$E=2k\pi\sigma\left[1-\frac{x}{(r^2+x^2)^{\frac{1}{2}}}\right]$,方向沿 x 轴。现考虑单位面积带电荷量为 σ_0 的无限大均匀带电平板,从其中间挖去一半径为 r 的圆板,如图 2 所示。则圆孔轴线上任意一点 Q(坐标为 x)的电场强度为(　　)

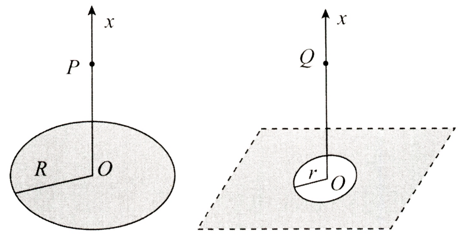


图1　　图2

A. $2k\pi\sigma_0\ \frac{x}{(r^2+x^2)^{\frac{1}{2}}}$　　B. $2k\pi\sigma_0\ \frac{r}{(r^2+x^2)^{\frac{1}{2}}}$　　C. $2k\pi\sigma_0\ \frac{x}{r}$　　D. $2k\pi\sigma_0\ \frac{r}{x}$

●解析

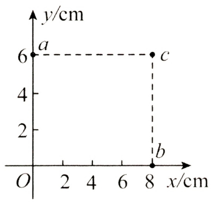
答案:A

解析:利用均匀带电圆板轴线上的场强公式,R 趋向于∞时,Q 点电场强度 $E_1=2\pi k\sigma_0$,当 $R=r$ 时,Q 点电场强度 $E_2=k\pi\sigma_0\left[1-\frac{x}{(r^2+x^2)^{\frac{1}{2}}}\right]$,现从带电平板上中间挖去一半径为 r 的圆板,则 Q 点电场强度 $E_3=E_1-E_2$,只有选项 A 正确。

感悟方法:解答本题,运用的思想方法有极限法和补偿法。

考点 14　匀强电场模型

【例 14】一匀强电场的方向平行于 xOy 平面,平面内 a、b、c 三点的位置如图所示,三点的电势分别为 10 V、17 V、26 V。下列说法正确的是(　　)



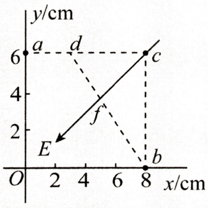
A. 电场强度的大小为 2.5 V/cm　　B. 坐标原点处的电势为 1 V

C. 电子在 a 点的电势能比在 b 点的低 7 eV　　D. 电子从 b 点运动到 c 点,电场力做功为 9 eV

解析

答案:ABD

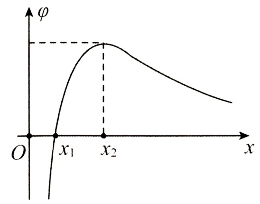
解析:如图所示,设 a、c 之间的 d 点电势与 b 点电势相同,则 $\frac{ad}{dc}=\frac{10-17}{17-26}=\frac{7}{9}$,所以 d 点的坐标为(3.5 cm,6 cm),过 c 点作等势线 bd 的垂线,电场强度的方向由高电势指向低电势。由几何关系可得,cf 的长度为 3.6 cm,电场强度的大小 $E=\frac{U}{d}=\frac{26-17}{3.6}$ V/cm=2.5 V/cm,故选项 A 正确;因为 $Oacb$ 是矩形,所以有 $U_{ac}=U_{Ob}$,可知坐标原点 O 处的电势为 1 V,故选项 B 正确;a 点电势比 b 点电势低 7 V,电子带负电,所以电子在 a 点的电势能比在 b 点的高 7 eV,故选项 C 错误;b 点电势比 c 点电势低 9 V,电子从 b 点运动到 c 点,电场力做功为 9 eV,故选项 D 正确。



感悟方法:匀强电场的电场线分布是平行、同向、等间距;等势面分布是平行等间距。

考点 15 $\varphi-x$ 图象

【例 15】在 x 轴上有两个点电荷 q_1、q_2,其静电场的电势 φ 在 x 轴上分布如图所示。下列说法正确有( )



A. q_1 和 q_2 带有异种电荷

B. x_1 处的电场强度为零

C. 负电荷从 x_1 移到 x_2,电势能减小

D. 负电荷从 x_1 移到 x_2,受到的电场力增大

解析

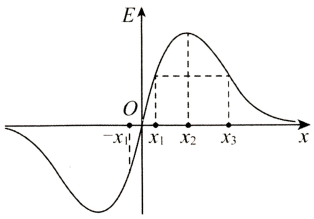
答案:AC

解析:由题图可知,空间的电势有正有负,且只有一个极值,则两个点电荷必定为异种电荷,A 项正确;由 $E=\frac{\Delta\varphi}{\Delta x}$ 可知,$\varphi-x$ 图象的切线斜率表示电场强度,因此 x_1 处的电场强度不为零,B 项错误;负电荷从 x_1 移到 x_2 的过程中,电势升高,电场强度减小,由 $E_P=q\varphi$,$F=qE$ 可知,电势能减小,受到的电场力减小,C 项正确,D 项错误。

感悟方法:$\varphi-x$ 的斜率表示电场强度。

考点 16 $E-x$ 图象

【例 16】空间有一沿 x 轴对称分布的电场,其电场强度 E 随 x 变化的图象如图所示。下列说法正确的是( )



A. O 点的电势最低

B. x_2 点的电势最高

C. x_1 和 $-x_1$ 两点的电势相等

D. x_1 和 x_3 两点的电势相等

解析

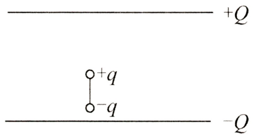
答案:C

解析:由题图知,沿 x 轴方向 O 点两侧电场强度方向相反,故 O 点可能电势最低,也可能电势最高,选项 A 错误;x_1、x_2、x_3 三点在同一电场线上,由沿电场线方向电势逐渐降低可知,无论 O 点右侧电场强度沿 x 轴向右还是向左,x_2 点电势都不是最高,x_1、x_3 两点的电势也不相等,选项 B、D 错误;由题图知,电场强度在 O 点两侧对称,故 x_1、$-x_1$ 两点电势相等,选项 C 正确。

感悟方法:$E-x$ 图象中图线与横轴所围成的面积表示电势差。

考点 17 电偶极子模型

【例 17】一平行板电容器的电容为 C,两板间的距离为 d,上极板带正电,电荷量为 Q,下极板带负电,电荷量也为 Q,它们产生的电场在很远处的电势为零。两个带异号电荷的小球用一绝缘刚性杆相连,小球的电荷量都为 q,杆长为 l,且 $l<d$。现将它们从很远处移到电容器内两板之间,处于图示的静止状态(杆与板面垂直),在此过程中电场力对两个小球所做总功为(设两球移动过程中极板上电荷分布不变)(　　)



A. $\frac{Qlq}{Cd}$　　B. 0　　C. $\frac{Qq}{Cd}(d-l)$　　D. $\frac{Clq}{Qd}$

解析

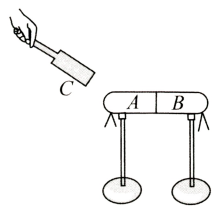
答案:A

解析:由于电场力做功与路径无关,移动两电荷的过程可等效为——假设两电荷未用一绝缘刚性杆相连,但彼此绝缘放在一起,首先将两电荷同时移动到题中负电荷的位置,在此过程中电场力对正负电荷分别做了等量的正功和负功,其总功 $W_1=0$;然后保持负电荷不动,将正电荷沿电场线移动到题中的位置,在匀强电场中的功为 $W_2=Eql=\frac{U}{d}ql=\frac{Qql}{Cd}$,因此整个移动过程中电场力的总功为 $W=W_1+W_2=\frac{Qql}{Cd}$。

感悟方法:对于电偶极子,如果把它们看做整体,相当于一个不带电的物体,这样将两电荷同时移动到负极板位置,电场力不做功。

考点 18 静电感应

【例 18】如图所示,两个不带电的导体 A 和 B,用一对绝缘柱支持使它们彼此接触。把一带正电荷的物体 C 置于 A 附近,贴在 A、B 下部的金属箔都张开(　　)



A. 此时 A 带正电,B 带负电

B. 此时 A 电势低,B 电势高

C. 移去 C,贴在 A、B 下部的金属箔都闭合

D. 先把 A 和 B 分开,然后移去 C,贴在 A、B 下部的金属箔都闭合

解析

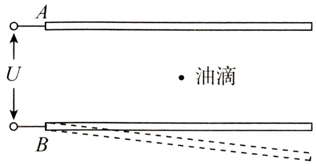
答案:C

解析:由于静电感应可知,A 左端带负电,B 右端带正电,AB 的电势相等,选项 A、B 错误;若移去 C,则两端的感应电荷消失,则贴在 A、B 下部的金属箔都闭合,选项 C 正确;先把 A 和 B 分开,然后移去 C,则 A、B 带的电荷仍然存在,故贴在 A、B 下部的金属箔仍张开,选项 D 错误。

感悟方法:感应起电的本质是电荷的移动,如果移走 C,原先产生的感应现象消失,如果先将 A、B 分开,电荷的"退路"被切断,则 A、B 都带电。

考点 19　电容器

【例 19】如图所示，水平金属板 A、B 分别与电源两极相连，带电油滴处于静止状态。现将 B 板右端向下移动一小段距离，两金属板表面仍均为等势面，则该油滴(　　)



A. 仍然保持静止　　B. 竖直向下运动　　C. 向左下方运动　　D. 向右下方运动

●解析

答案：D

解析：由于水平金属板 A、B 分别与电源两极相连，两极板之间的电势差不变，将 B 板右端向下移动一小段距离，极板之间的电场强度将减小，油滴所受电场力减小，且电场力方向斜向右上方向，则油滴所受的合外力斜向右下方，所以该油滴向右下方运动，选项 D 正确。

感悟方法：电容器的动态问题，要紧紧抓住两个典型的过程模型：一个是电容器与电源相连，电容器两端的电势差不变；二是电容器充完电后与电源断开，电容器上的电荷量不变。

考点 20　带电粒子做直线运动

【例 20】一水平放置的平行板电容器的两极板间距为 d，极板分别与电池两极相连，上极板中心有一小孔(小孔对电场的影响可忽略不计)。小孔正上方 $\frac{d}{2}$ 处的 P 点有一带电粒子，该粒子从静止开始下落，经过小孔进入电容器，并在下极板处(未与极板接触)返回。若将下极板向上平移 $\frac{d}{3}$，则从 P 点开始下落的相同粒子将(　　)

A. 打到下极板上　　B. 在下极板处返回

C. 在距上极板 $\frac{d}{2}$ 处返回　　D. 在距上极板 $\frac{2}{5}d$ 处返回

●解析

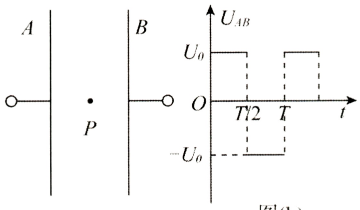
答案：D

解析：当两极板距离为 d 时，粒子从开始下落到恰好到达下极板过程中，根据动能定理可得：$mg\times\frac{3}{2}d-qU=0$，当下极板向上移动 $\frac{d}{3}$，设粒子在电场中运动距离 x 时速度减为零，全过程应用动能定理可得：$mg\left(\frac{d}{2}+x\right)-q\frac{U}{d-\frac{d}{3}}x=0$，两式联立解得：$x=\frac{2}{5}d$，选择 D 选项。

感悟方法：带电粒子在电场中的多过程运动问题，运用动能定理比较方便。

考点 21　带电粒子在交变电场中的运动

【例 21】如图(a)所示，两平行正对的金属板 A、B 间加有如图(b)所示的交变电压，一重力可忽略不计的带正电粒子被固定在两板的正中间 P 处。若在 t_0 时刻释放该粒子，粒子会时而向 A 板运动，时而向 B 板运动，并最终打在 A 板上。则 t_0 可能属于的时间段是(　　)



图(a)　　图(b)

A. $0<t_0<\frac{T}{4}$　　B. $\frac{T}{2}<t_0<\frac{3T}{4}$

C. $\frac{3T}{4}<t_0<T$　　D. $T<t_0<\frac{9T}{8}$

●解析

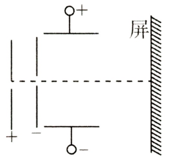
答案:B

解析:两板间加的是方波电压,刚释放粒子时,粒子向 A 板运动,说明释放粒子时 U_{AB} 为负,因此 A 错误;若 $t_0=\frac{T}{2}$ 时刻释放粒子,则粒子做方向不变的单向直线运动,一直向 A 运动;若 $t_0=\frac{3T}{4}$ 时刻释放粒子,则粒子在电场中固定两点间做往复运动,因此在 $\frac{T}{2}<t_0<\frac{3T}{4}$ 时间内释放粒子,粒子的运动满足题中的要求,B 正确。

感悟方法:解决这类问题,要灵活运用一个关系:$a=\frac{F}{m}=\frac{Eq}{m}=\frac{Uq}{dm}$,可得 $a\infty U$。

考点 22　带电粒子做偏转运动

【例 22】如图所示,氕核、氘核、氚核三种粒子从同一位置无初速度地飘入电场线水平向右的加速电场 E_1,之后进入电场线竖直向下的匀强电场 E_2 发生偏转,最后打在屏上,整个装置处于真空中,不计粒子重力及其相互作用,那么(　　)



A. 偏转电场 E_2 对三种粒子做功一样多　　B. 三种粒子打到屏上时的速度一样大

C. 三种粒子运动到屏上所用时间相同　　D. 三种粒子一定打到屏上的同一位置

●解析

答案:AD

解析:设加速电场两板间距离为 d,则 $qE_1d=\frac{1}{2}mv_0^2$,粒子在偏转电场中偏转,设侧移量为 y,偏转电场两板的长度为 L,则 $y=\frac{1}{2}\frac{qE_2}{m}\left(\frac{L}{v_0}\right)^2=\frac{E_2L^2}{4E_1d}$,在偏转电场中偏转电场对粒子做的功 $W=qE_2y=\frac{qE_2^2L^2}{4E_1d}$,由于三种粒子的电荷量相等,因此偏转电场对三种粒子做的功相等,A 项正确;三种粒子射出偏转电场时的速度 v 满足 $qE_1d+qE_2y=\frac{1}{2}mv^2$,由于质量不同,因此速度 v 大小不同,B 项错误;三种粒子运动到屏上的时间 $t=\sqrt{\frac{2dm}{qE_1}}+x\sqrt{\frac{m}{2qE_1d}}$,$x$ 为加速电场右极板到屏的距离,由于质量不同,因此运动时间不同,C 项错误;由于粒子从同一位置射出偏转电场,射出电场时的速度的反向延长线均交于偏转电场中线的中点,因此粒子会打在屏上同一位置,D 项正确。

感悟方法:粒子经过同一电场加速,又经过同一电场偏转,最后打在荧光屏上的同一点。

考点 23　带电粒子在重力场与电场中的运动

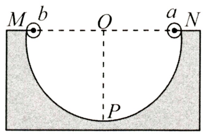
【例 23】如图所示,半圆槽光滑、绝缘、固定,圆心是 O,最低点是 P,直径 MN 水平。a、b 是两个完全相同的带正电小球(视为点电荷),b 固定在 M 点,a 从 N 点由静止释放,沿半圆槽运动经过 P 点到达某点 Q(图中未画出)时速度为零。则小球 a(　　)

A. 从 N 到 Q 的过程中,重力与库仑力的合力先增大后减小

B. 从 N 到 P 的过程中,速率先增大后减小

C. 从 N 到 Q 的过程中,电势能一直增加

D. 从 P 到 Q 的过程中,动能减少量小于电势能增加量



解析

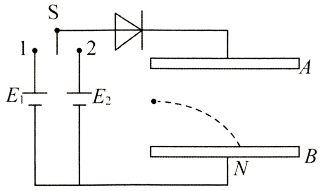
答案:BC

解析:小球 a 从 N 到 Q 的过程中,在 N 点速度和在 Q 点速度都为零,而切线方向的合力为零的点在 N、P 之间,所以从 N 到 P 的过程中小球 a 的速度先增大后减小,故 B 对;从 N 到 Q 的过程中,由平行四边形定则可判断重力和库仑力的合力一直增大,所以 A 错;由于从 N 到 Q 的过程中库仑力方向与 a 球速度方向的夹角一直大于 $90°$,故库仑力一直做负功,电势能一直增加,C 对;从 P 到 Q 的过程中,动能转化为电势能和重力势能,D 错。

感悟方法:对于电场与重力场的复合场问题,仍然根据"搭台唱戏"的思路来解决。

过关演练

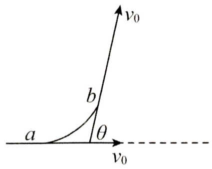
1. 如图所示,平行板电容器 AB 两极板水平放置,现将其和二极管串联接在电源上,已知 A 和电源正极相连,且 $E_1 < E_2$,二极管具有单向导电性,当单刀双掷开关接 1 时,一带正电粒子沿 AB 中心水平射入,打在 B 极板上的 N 点,不计粒子重力,为使粒子能打在 N 点右侧,则下列措施可行的是(　　)



A. 将单刀双掷开关接 2　　　　B. 将 B 板下移一段距离

C. 在 A 板下表面插入一很薄的金属板　　　　D. 将 A 板上移一段距离

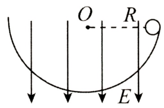
2. 如图所示,一正点电荷在电场中受电场力作用沿一圆周的圆弧 ab 运动,已知该点电荷的电荷量为 q,质量为 m(重力不计),ab 弧长为 l,电荷经过 a、b 两点时速度大小均为 v_0,则下列说法中不正确的是(　　)



A. a、b 两点的场强方向相同　　　　B. a、b 两点的场强大小相等

C. a、b 两点的电势相等　　　　D. 电荷在 a、b 两点的电势能相等

3. 如图所示,一绝缘光滑半圆环轨道放在竖直向下的匀强电场中,场强为 E。在与环心等高处放有一质量为 m、带电荷量 $+q$ 的小球,由静止开始沿轨道运动,下述说法正确的是(　　)



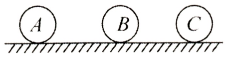
A. 小球在运动过程中机械能守恒

B. 小球经过环的最低点时速度最大

C. 小球经过环的最低点时对轨道压力为 $3(mg+qE)$

D. 小球经过环的最低点时对轨道压力为$(mg+qE)$

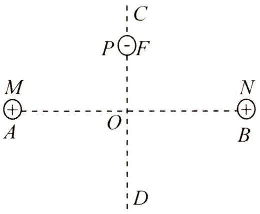
4. 如图所示在光滑、绝缘的水平面上,沿一直线依次排列三个带电小球 A、B、C(可视为质点)。若它们恰能处于平衡状态,那么这三个小球所带的电荷量及电性的关系,可能的是下面的情况(　　)



A. -9、4、-36　　　　B. 4、9、36

C. -3、2、8　　　　D. 3、-2、6

5. 如图所示，在光滑绝缘水平面上，两个带等量正电的点电荷 M、N，分别固定在 A、B 两点，O 为 AB 连线的中点，CD 为 AB 的垂直平分线，在 CO 之间的 F 点由静止释放一个带负电的小球 P（设不改变原来的电场分布），在以后的一段时间内，P 在 CD 连线上做往复运动，若（　　）



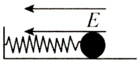
A. 小球 P 的带电荷量缓慢减小，则它往复运动过程中振幅不断减小

B. 小球 P 的带电荷量缓慢减小，则它往复运动过程中每次经过 O 点时的速率不断减小

C. 点电荷 M、N 的带电荷量同时等量地缓慢增大，则小球 P 往复运动过程中周期不断减小

D. 点电荷 M、N 的带电荷量同时等量地缓慢增大，则小球 P 往复运动过程中振幅不断减小

6. 如图甲所示，水平面绝缘且光滑，弹簧左端固定，右端连一轻质绝缘挡板，空间存在着水平方向的匀强电场，一带电小球在电场力和挡板压力作用下静止。若突然将电场反向，则小球加速度 a 的大小随位移 x 变化的关系图象可能是图乙中的（　　）





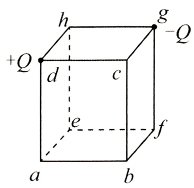
7. 空间中有一个正方体，在正方体的 d 和 g 两顶点处分别固定着等量异种点电荷，如图所示。现在各顶点间移动一正试探电荷，关于该试探电荷所受的电场力大小和具有的电势能，以下判断正确的是（　　）

A. 在 e 点和 b 点所受电场力大小相同、电势能相等

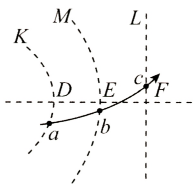
B. 在 e 点和 b 点所受电场力大小不相同、电势能相等

C. 在 a 点和 f 点所受电场力大小相同、电势能相等

D. 在 a 点和 f 点所受电场力大小不相同、电势能相等



8. 如图所示，在两等量异种点电荷连线上有 D、E、F 三点，且 $DE=EF$。K、M、L 分别为过 D、E、F 三点的等势面。一不计重力的带负电粒子，从 a 点射入电场，运动轨迹如图中实线所示，以 $|W_{ab}|$ 表示该粒子从 a 点到 b 点电场力做功的数值，以 $|W_{bc}|$ 表示该粒子从 b 点到 c 点电场力做功的数值，则（　　）



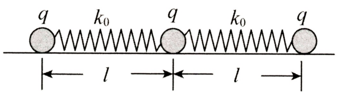
A. $|W_{ab}|=|W_{bc}|$

B. $|W_{ab}|<|W_{bc}|$

C. 粒子由 a 点到 b 点，动能减少

D. a 点的电势较 b 点的电势低

9. 如图所示，在光滑绝缘水平面上放置 3 个电荷量均为 $q(q>0)$ 的相同小球，小球之间用劲度系数均为 k_0 的轻质弹簧绝缘连接。当 3 个小球处在静止状态时，每根弹簧长度为 l，已知静电力常量为 k，若不考虑弹簧的静电感应，则每根弹簧的原长为（　　）



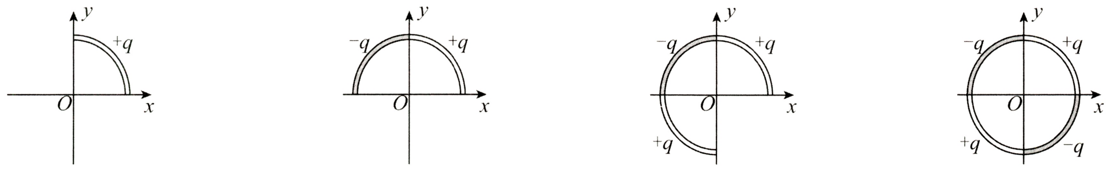
A. $l+\frac{5kq^2}{2k_0l^2}$

B. $l-\frac{kq^2}{k_0l^2}$

C. $l-\frac{5kq^2}{4k_0l^2}$

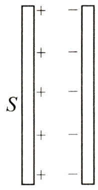
D. $l-\frac{5kq^2}{2k_0l^2}$

10. 下列选项中的各$\frac{1}{2}$圆环大小相同，所带电荷量已在图中标出，且电荷均匀分布，各$\frac{1}{4}$圆环间彼此绝缘。坐标原点O处电场强度最大的是(　　)



A　　　　B　　　　C　　　　D

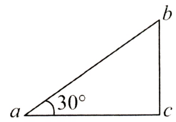
11. 已知均匀带电的无穷大平面在真空中激发电场的场强大小为$\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$，其中$\sigma$为平面上单位面积所带的电荷量，$\varepsilon_0$为常量。如图所示的平行板电容器，极板正对面积为$S$，其间为真空，带电荷量为$Q$。不计边缘效应时，极板可看做无穷大导体板，则极板间的电场强度大小和两极板间相互的静电引力大小分别为(　　)



A. $\frac{Q}{\varepsilon_0 S}$和$\frac{Q^2}{\varepsilon_0 S}$　　B. $\frac{Q}{2\varepsilon_0 S}$和$\frac{Q^2}{\varepsilon_0 S}$

C. $\frac{Q}{2\varepsilon_0 S}$和$\frac{Q^2}{2\varepsilon_0 S}$　　D. $\frac{Q}{\varepsilon_0 S}$和$\frac{Q^2}{2\varepsilon_0 S}$

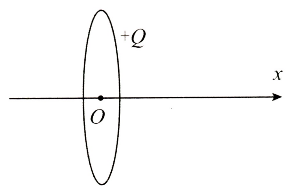
12. 匀强电场中有a、b、c三点。在以它们为顶点的三角形中，$\angle a=30^\circ$、$\angle c=90^\circ$，电场方向与三角形所在平面平行。已知a、b和c点的电势分别为$(2-\sqrt{3})$V、$(2+\sqrt{3})$V和2V。该三角形的外接圆上最低、最高电势分别为(　　)



A. $(2-\sqrt{3})$V、$(2+\sqrt{3})$V　　B. 0V、4V

C. $(2-\frac{4\sqrt{3}}{3})$V、$(2+\frac{4\sqrt{3}}{3})$V　　D. 0V、$\sqrt{3}$V

13. 如图所示，一圆环上均匀分布着正电荷，x轴垂直于环面且过圆心O。下列关于x轴上的电场强度和电势的说法中正确的是(　　)



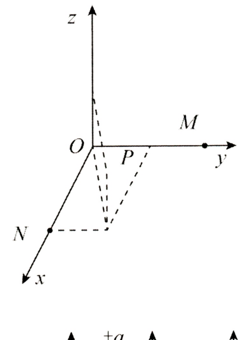
A. O点的电场强度为零，电势最低

B. O点的电场强度为零，电势最高

C. 从O点沿x轴正方向，电场强度减小，电势升高

D. 从O点沿x轴正方向，电场强度增大，电势降低

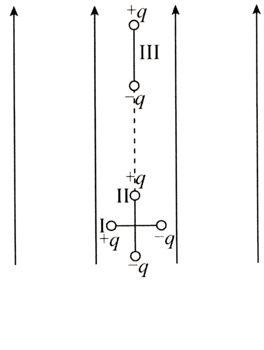
14. 空间有一均匀强电场，在电场中建立如图所示的直角坐标系$O-xyz$，M、N、P为电场中的三个点，M点的坐标$(0,a,0)$，N点的坐标为$(a,0,0)$，P点的坐标为$(a,\frac{a}{2},\frac{a}{2})$。已知电场方向平行于直线$MN$，$M$点电势为0，$N$点电势为1V，则$P$点的电势为(　　)



A. $\frac{\sqrt{2}}{2}$V　　B. $\frac{\sqrt{3}}{2}$V

C. $\frac{1}{4}$V　　D. $\frac{3}{4}$V

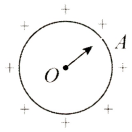
15. 如图所示，一绝缘细杆的两端各固定着一个小球，两小球带有等量异号的电荷，处于匀强电场中，电场方向如图中箭头所示。开始时，细杆与电场方向垂直，即在图中Ⅰ所示的位置；接着使细杆绕其中心转过90°，到达图中Ⅱ所示的位置；最后，使细杆移到图中Ⅲ所示的位置。以W_1表示细杆由位置Ⅰ到位置Ⅱ过程中电场力对两小球所做的功，W_2表示细杆由位置Ⅱ到位置Ⅲ过程中电场力对两小球所做的功，则有(　　)

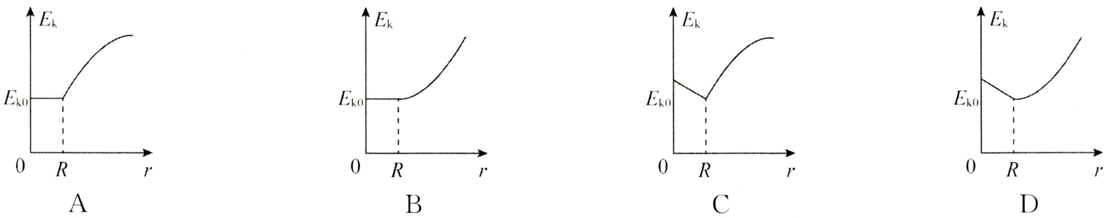


A. $W_1=0,W_2\neq0$　　B. $W_1=0,W_2=0$

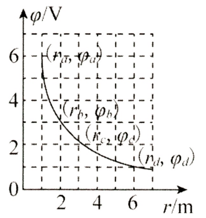
C. $W_1\neq0,W_2=0$　　D. $W_1\neq0,W_2\neq0$

16. 如图所示，半径为 R 的均匀带正电薄球壳，其上有一小孔 A。已知壳内的场强处处为零；壳外空间的电场与将球壳上的全部电荷集中于球心 O 时在壳外产生的电场一样。一带正电的试探电荷（不计重力）从球心以初动能 E_{k0} 沿 OA 方向射出。下列关于试探电荷的动能 E_k 与离开球心的距离 r 的关系图象，可能正确的是（　　）





17. 在一静止点电荷的电场中，任一点的电势 φ 与该点到点电荷的距离 r 的关系如图所示。电场中四个点 a、b、c 和 d 的电场强度大小分别 E_a、E_b、E_c 和 E_d。点 a 到点电荷的距离 r_a 与点 a 的电势 φ_a 已在图中用坐标（r_a，φ_a）标出，其余类推。现将一带正电的试探电荷由 a 点依次经 b、c 点移动到 d 点，在相邻两点间移动的过程中，电场力所做的功分别为 W_{ab}、W_{bc} 和 W_{cd}。下列选项正确的是（　　）



A. $E_a:E_b=4:1$　　B. $E_c:E_d=2:1$　　C. $W_{ab}:W_{bc}=3:1$　　D. $W_{bc}:W_{cd}=1:3$

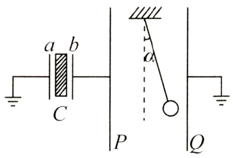
18. 如图所示，C 为中间插有电介质的电容器，a 和 b 为其两极板；a 板接地；P 和 Q 为两竖直放置的平行金属板，在两板间用绝缘线悬挂一带电小球；P 板与 b 板用导线相连，Q 板接地。开始时悬线静止在竖直方向，在 b 板带电后，悬线偏转了角度 α。在以下方法中，能使悬线的偏角 α 变大的是（　　）

A. 缩小 a、b 间的距离

B. 加大 a、b 间的距离

C. 取出 a、b 两极板间的电介质

D. 换一块形状大小相同、介电常数更大的电介质



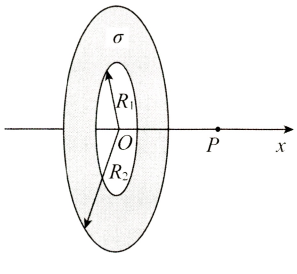
19. 如图所示为一个内、外半径分别为 R_1 和 R_2 的圆环状均匀带电平面，其单位面积带电荷量为 σ。取环面中心 O 为原点，以垂直于环面的轴线为 x 轴。设轴上任意点 P 到 O 点的的距离为 x，P 点电场强度的大小为 E。下面给出 E 的四个表达式（式中 k 为静电力常量），其中只有一个是合理的。你可能不会求解此处的场强 E，但是你可以通过一定的物理分析，对下列表达式的合理性做出判断。根据你的判断，E 的合理表达式应为（　　）

A. $E=2\pi k\sigma\left(\frac{R_1}{\sqrt{x^2+R_1^2}}-\frac{R_2}{\sqrt{x^2+R_2^2}}\right)x$

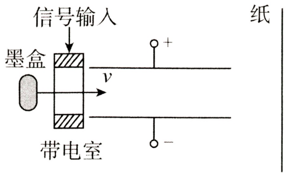
B. $E=2\pi k\sigma\left(\frac{1}{\sqrt{x^2+R_1^2}}-\frac{1}{\sqrt{x^2+R_2^2}}\right)x$

C. $E=2\pi k\sigma\left(\frac{R_1}{\sqrt{x^2+R_1^2}}+\frac{R_2}{\sqrt{x^2+R_2^2}}\right)x$

D. $E=2\pi k\sigma\left(\frac{1}{\sqrt{x^2+R_1^2}}+\frac{1}{\sqrt{x^2+R_2^2}}\right)x$



20. 喷墨打印机的简化模型如图所示，重力可忽略的墨汁微滴，经带电室带负电后，以速度 v 垂直匀强电场飞入极板间，最终打在纸上，则微滴在极板间电场中(　　)



A. 向负极板偏转　　　　B. 电势能逐渐增大

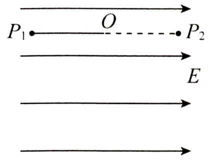
C. 运动轨迹是抛物线　　　　D. 运动轨迹与带电荷量无关

21. 在真空中的光滑水平绝缘面上有一带电小滑块。开始时滑块静止。若在滑块所在空间加一水平匀强电场 E_1，持续一段时间后立刻换成与 E_1 相反方向的匀强电场 E_2。当电场 E_2 与电场 E_1 持续时间相同时，滑块恰好回到初始位置，且具有动能 E_k。在上述过程中，E_1 对滑块的电场力做功为 W_1，冲量大小为 I_1；E_2 对滑块的电场力做功为 W_2，冲量大小为 I_2。则(　　)

A. $I_1=I_2$　　　　B. $4I_1=I_2$

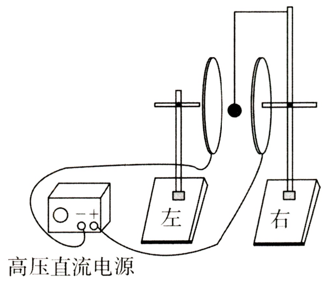
C. $W_1=0.25E_k$，$W_2=0.75E_k$　　　　D. $W_1=0.20E_k$，$W_2=0.80E_k$

22. 一带正电的小球，系于长为 l 的不可伸长的轻线一端，线的另一端固定在 O 点，它们处在匀强电场中，电场的方向水平向右，场强的大小为 E。已知电场对小球的作用力的大小等于小球的重力。现先把小球拉到图中的 P_1 处，使轻线拉直，并与场强方向平行，然后由静止释放小球。已知小球在经过最低点的瞬间，因受线的拉力作用，其速度的竖直分量突变为零，水平分量没有变化，则小球到达与 P_1 点等高的 P_2 点时速度的大小为(　　)



A. $\sqrt{gl}$　　B. $\sqrt{2gl}$　　C. $\sqrt{gl}$　　D. 0

23. 如图所示为静电力演示仪，两金属极板分别固定于绝缘支架上，且正对平行放置。工作时两板分别接高压直流电源的正负极，表面镀铝的乒乓球用绝缘细线悬挂在两金属极板中间，则(　　)



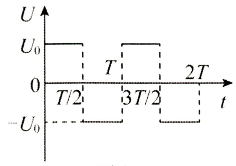
A. 乒乓球的左侧感应出负电荷

B. 乒乓球受到扰动后，会被吸在左极板上

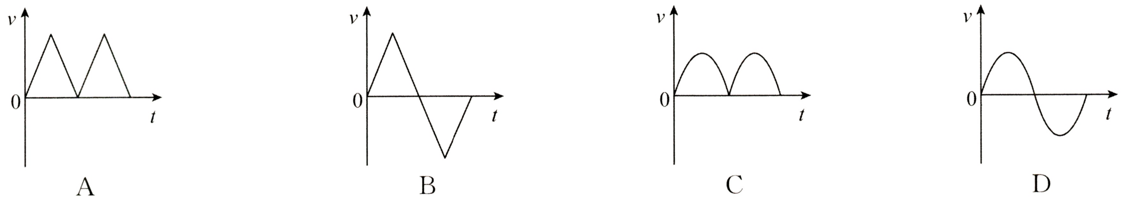
C. 乒乓球共受到电场力，重力和库仑力三个力的作用

D. 用绝缘棒将乒乓球拨到与右极板接触，放开后乒乓球会在两极板间来回碰撞

24. 平行板间加如图(a)所示周期变化的电压，重力不计的带电粒子静止在平行板中央，从 $t=0$ 时刻开始将其释放，运动过程无碰板情况。图(b)中，能定性描述粒子运动的速度图象正确的是(　　)

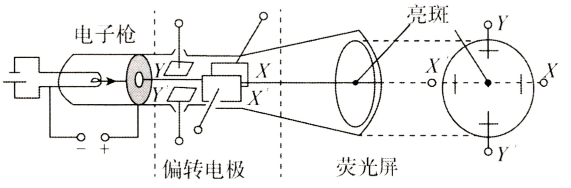


图(a)

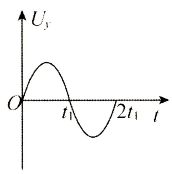


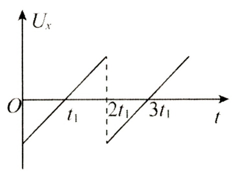
图(b)

25. 图(a)为示管的原理图。如果在电极 YY' 之间所加的电压图按图(b)所示的规律变化，在电极 XX' 之间所加的电压按图(c)所示的规律变化，则在荧光屏上会看到的图形是(　　)



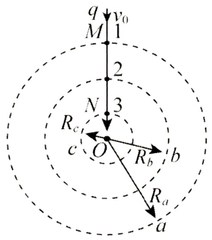
图(a)


图(b)


图(c)



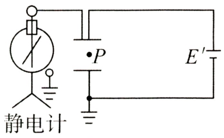
26. 如图所示，O 是一固定的正点电荷，另有一正点电荷 q 从很远处以初速度 v_0 正对着点电荷 O 射入电场中，仅在电场力作用下的运动轨迹是实线 MN，虚线 a、b、c 是以 O 为圆心，R_a、R_b、R_c 为半径画出的三个圆，且 $R_a-R_b=R_b-R_c$。1、2、3 为轨迹 MN 与三个圆的一些交点，以 $|I_{12}|$ 表示点电荷 q 从 1 运动到 2 的过程中电场力的冲量的大小，$|I_{23}|$ 表示 q 从 2 运动到 3 的过程中电场力的冲量的大小；用 $|W_{12}|$ 表示 q 从 1 运动到 2 的过程中电场力做功的大小，用 $|W_{23}|$ 表示 q 从 2 运动到 3 的过程中电场力做功的大小. 则(　　)



A. $|I_{12}|>|I_{23}|$　　B. $|I_{12}|<|I_{23}|$

C. $|W_{12}|>|W_{23}|$　　D. $|W_{12}|<|W_{23}|$

27. 如图所示，平行板电容器与电动势为 E' 的直流电源(内阻不计)连接，下极板接地，静电计所带电荷量很少，可被忽略。一带负电油滴被固定于电容器中的 P 点。现将平行板电容器的下极板竖直向下移动一小段距离，则(　　)



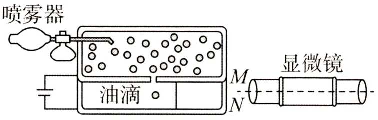
A. 平行板电容器的电容将变小

B. 静电计指针张角变小

C. 带电油滴的电势能将减少

D. 若先将上极板与电源正极的导线断开，再将下极板向下移动一小段距离，则带电油滴所受电场力不变

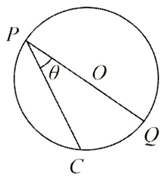
28. 美国物理学家密立根通过研究平行板间悬浮不动的带电油滴，准确地测定了电子的电荷量。如图所示，平行板电容器两极板 M、N 与电压为 U 的恒定电源两极相连，板的间距为 d。现有一质量为 m 的带电油滴在极板间匀速下落，则(　　)



A. 此时极板间的电场强度 $E=\frac{U}{d}$　　B. 油滴带电荷量为 $\frac{mg}{Ud}$

C. 减小极板间电压，油滴将加速下落　　D. 将极板 N 向下缓慢移动一小段距离，油滴将向上运动

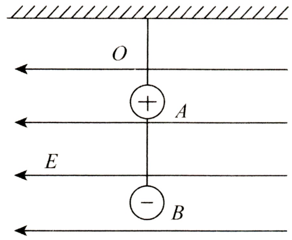
29. 在光滑绝缘的水平面上，存在一个水平方向的匀强电场，电场强度大小为 E，在该电场中一个半径为 R 的圆周，其中 PQ 为直径，O 为圆心，C 为圆周上的一点，在 O 点将一带正电的小球以相同的初速率向各个方向水平射出时，小球可以到达圆周的任何点，但小球到达 C 点时的速度最大，已知 PQ 与 PC 间的夹角为 $\theta=30°$，则关于该电场强度 E 的方向及 PC 间的电势差大小说法正确的是(　　)



A. E 的方向为由 P 指向 Q，$U_{PC}=\sqrt{3}ER$　　B. E 的方向为由 Q 指向 C，$U_{PC}=\frac{3ER}{2}$

C. E 的方向为由 P 指向 C，$U_{PC}=\sqrt{2}ER$　　D. E 的方向为由 O 指向 C，$U_{PC}=\frac{3ER}{2}$

30. 如图所示，A、B 两个带电小球的质量均为 m，所带电荷量分别为 $+q$ 和 $-q$，两球间用绝缘细线连接，A 球又用绝缘细线悬挂在天花板上，细线长均为 L。现在两球所在的空间加上一方向向左的匀强电场，电场强度 $E=\frac{mg}{q}$，A、B 两球最后会达到新的平衡位置，则在这个过程中，两个小球(　　)



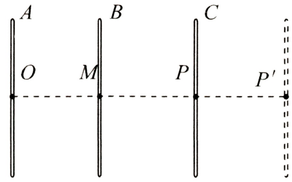
A. 总重力势能增加了 $\frac{2-\sqrt{2}}{2}mgL$

B. 总重力势能增加了 $\frac{\sqrt{2}}{2}mgL$

C. 总电势能减少了 $\frac{2-\sqrt{2}}{2}mgL$

D. 总电势能减少了 $\frac{\sqrt{2}}{2}mgL$

31. 如图所示，三块平行放置的带电金属薄板 A、B、C 中央各有一小孔，小孔分别位于 O、M、P 点。由 O 点静止释放的电子恰好能运动到 P 点。现将 C 板向右平移到 P' 点，则由 O 点静止释放的电子(　　)



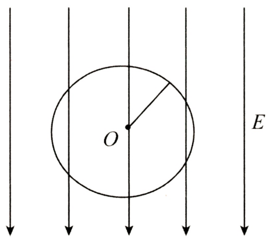
A. 运动到 P 点返回

B. 运动到 P 和 P' 点之间返回

C. 运动到 P' 点返回

D. 穿过 P' 点

32. 如图所示，竖直向下的匀强电场里，用绝缘细线拴住的带电小球在竖直平面内绕 O 做圆周运动，以下四种说法中正确的是(　　)



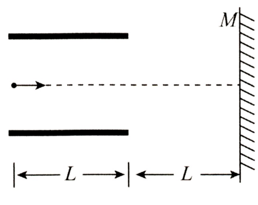
A. 带电小球可能做匀速率圆周运动

B. 带电小球可能做变速率圆周运动

C. 带电小球通过最高点时，细线的拉力一定最小

D. 带电小球通过最低点时，细线的拉力有可能最小

33. 如图所示，两平行金属板间有一匀强电场，板长为 L，板间距离为 d，在距板右端 L 处有一竖直放置的光屏 M。一电荷量为 q、质量为 m 的质点从两板中央射入板间，最后垂直打在 M 屏上，则下列结论正确的是(　　)



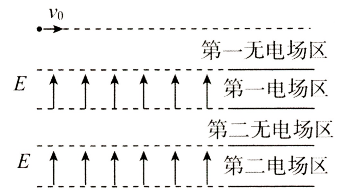
A. 板间的电场强度大小为 $\frac{mg}{q}$

B. 板间的电场强度大小为 $\frac{2mg}{q}$

C. 质点在板间运动时动能的增加量等于电场力做的功

D. 质点在板间的运动时间大于它从板的右端运动到光屏的时间

34. 一个质量为 m，电荷量为 $+q$ 的小球以初速度 v_0 水平抛出，在小球经过的竖直平面内，存在着若干个如图所示的无电场区和有理想上下边界的匀强电场区，两区域相互间隔，竖直高度相等，电场区水平方向无限长。已知每一电场区的场强大小相等，方向竖直向上，不计空气阻力，下列说法正确的是(　　)



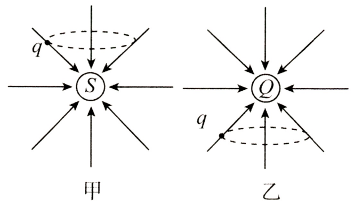
A. 小球在水平方向一直做匀速直线运动

B. 若场强大小等于$\frac{mg}{q}$，则小球经过每一电场区的时间均相同

C. 若场强大小等于$\frac{2mg}{q}$，则小球经过每一无电场区的时间均相同

D. 无论场强大小如何，小球通过所有无电场区的时间均相同

35. 狄拉克曾经预言，自然界应该存在只有一个磁极的磁单极子，其周围磁感线呈均匀辐射状分布，距离它 r 处的磁感应强度大小为 $B=\frac{k}{r^2}$(k 为常数)。磁单极子 S 的磁场分布如图甲所示，它与如图乙所示负点电荷 Q 的电场分布相似。假设磁单极子 S 和负点电荷 Q 均固定，有一带电小球分别在 S 和 Q 附近做匀速圆周运动，则关于小球做匀速圆周运动的判断正确的是(　　)



A. 若小球带正电，其运动轨迹平面可在 S 正上方，如图甲所示

B. 若小球带正电，其运动轨迹平面可在 Q 正下方，如图乙所示

C. 若小球带负电，其运动轨迹平面可在 S 正上方，如图甲所示

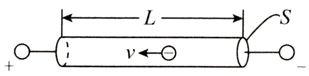
D. 若小球带负电，其运动轨迹平面可在 Q 正下方，如图乙所示

专题八　恒定电流

典例剖析

考点 1　电流的产生

【例 1】一根长为 L，横截面积为 S 的金属棒，其材料的电阻率为 ρ，棒内单位体积自由电子数为 n，电子的质量为 m，电荷量为 e。在棒两端加上恒定的电压时，棒内产生电流，自由电子定向运动的平均速率为 v，则金属棒内的电场强度大小为(　　)



A. $\dfrac{mv^2}{2eL}$　　B. $\dfrac{mv^2Sn}{e}$　　C. ρnev　　D. $\dfrac{ev}{SL}$

解析

答案：C

解析：欧姆定律 $I=\dfrac{U}{R}$，电流的定义式 $I=\dfrac{q}{t}$，电阻定律 $R=\rho\dfrac{l}{S}$，则金属棒内场强大小为 $E=\dfrac{U}{L}=\dfrac{IR}{L}=\rho nev$，故选项 C 正确。

感悟方法：有关电流的规律有三个：电流的定义式 $I=\dfrac{q}{t}$，电流的微观表达式 $I=neSv$，电流的决定式 $I=\dfrac{U}{R}$。

考点 2　冷热电阻问题

【例 2】一白炽灯泡的额定功率与额定电压分别为 36 W 与 36 V。若把此灯泡接到输出电压为 18 V 的电源两端，则灯泡消耗的电功率(　　)

A. 等于 36 W　　B. 小于 36 W，大于 9 W

C. 等于 9 W　　D. 小于 36 W

解析

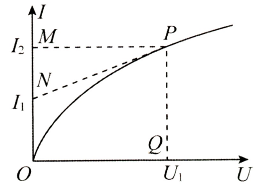
答案：B

解析：由于金属的电阻随温度的升高而增大，所以以额定电压工作时的电阻大于以 18 V 电压工作的电阻。根据部分电路欧姆定律，有 $P_1=\dfrac{U_1^2}{R_1}$，$P_2=\dfrac{U_2^2}{R_2}$，所以 $\dfrac{P_2}{P_1}=\dfrac{U_2^2R_1}{U_1^2R_2}>\dfrac{1}{4}$，所以灯泡消耗的功率小于 36 W 大于 9 W，B 正确。

感悟方法：要注意，金属的电阻随温度的升高而增大，在考查实际问题时，一定要注意这一点。

考点 3　非线性元件的电阻计算

【例 3】小灯泡通电后其电流 I 随所加电压 U 变化的图线如图所示，P 为图线上一点，PN 为图线在 P 点的切线，PQ 为 U 轴的垂线，PM 为 I 轴的垂线，则下列说法中正确的是(　　)



A. 随着所加电压的增大，小灯泡的电阻增大

B. 对应 P 点，小灯泡的电阻为 $R=\dfrac{U_1}{I_2}$

C. 对应 P 点，小灯泡的电阻为 $R=\dfrac{U_1}{I_2I_1}$

D. 对应 P 点，小灯泡的功率为图中矩形 $PQOM$ 所围面积大小

●解析

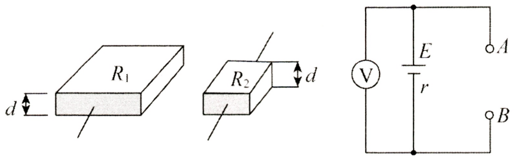
答案:ABD

解析:由于灯泡的电阻在图线上的每一点都是$R=\frac{U}{I}$,由图线不难看出,随电压的增大,电流的增加变得越缓慢,$I-U$图线的斜率逐渐减小,电阻变大,对应P点灯泡电阻为$R=\frac{U_1}{I_2}$,故选项A、B正确,C错误;小灯泡的功率$P=UI$,所以选项D正确。

感悟方法:对于非线性元件的电阻计算要特别注意:可以用$R=\frac{U}{I}$计算,不能用$R=\frac{\Delta U}{\Delta I}$来计算,也不能将图线的切线斜率与电阻联系起来。

考点 4　电阻定律的应用

【例 4】R_1和R_2是材料相同、厚度相同、上下表面都为正方形的导体,但R_1的尺寸比R_2大得多,把它们分别连接在如图所示电路的A、B两端,接R_1时电压表的读数为U_1,接R_2时电压表的读数为U_2,则下列判断正确的是(　　)



A. $R_1=R_2$　　B. $R_1>R_2$　　C. $U_1<U_2$　　D. $U_1=U_2$

●解析

答案:AD

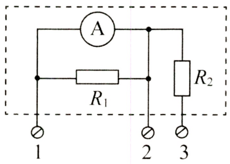
解析:电流从导体的横截面流过,由电阻定律$R=\rho\frac{L}{S}=\rho\frac{a}{ad}=\rho\frac{1}{d}$,可见电阻与边长$a$无关,选项A正确;因外电阻相同,故路端电压相等,选项D正确。

感悟方法:由电阻定律$R=\rho\frac{L}{S}=\rho\frac{a}{ad}=\rho\frac{1}{d}$,可见电阻与边长$a$无关,这是一个有意思的问题,可以将相同阻值的电阻形状做得越来越小。

考点 5　电表的改装

【例 5】如图所示,其中电流表A的量程为0.6 A,表盘均匀划分为30个小格,每一小格表示0.02 A;R_1的阻值等于电流表内阻的$\frac{1}{2}$;R_2的阻值等于电流表内阻的2倍,若用电流表A的表盘刻度表示流过接线柱1的电流值,则下列分析正确的是(　　)

A. 将接线柱1、2接入电路时,每一小格表示0.04 A
B. 将接线柱1、2接入电路时,每一小格表示0.02 A
C. 将接线柱1、3接入电路时,每一小格表示0.06 A
D. 将接线柱1、3接入电路时,每一小格表示0.01 A



●解析

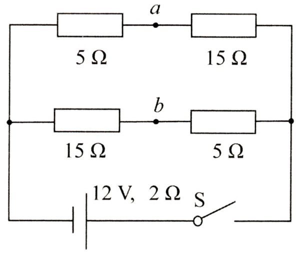
答案:C

解析:将接线柱1、2接入电路时,R_1的阻值等于电流表内阻的$\frac{1}{2}$,通过电流表的电流为通过R_1的$\frac{1}{2}$,接线柱1、2间流过的电流为0.6 A的3倍,每一小格表示0.06 A,选项A、B错误;将接线柱1、3接入电路时,电流表先与R_1并联,再与R_2串联,而串联对电流没影响,故每一小格仍表示0.06 A,故选项C正确,D错误。

感悟方法:电流表的改装是根据"分流"原理,电压表的改装是根据"分压"原理。

考点 6 闭合电路欧姆定律的综合应用

【例 6】如图所示的电路中，电源电动势为 12 V，内阻为 2 Ω，四个电阻的阻值已在图中标出。闭合开关 S，下列说法正确的有(　　)



A. 路端电压为 10 V

B. 电源的总功率为 10 W

C. a、b 间电压的大小为 5 V

D. a、b 间用导线连接后，电路的总电流为 1 A

解析

答案：AC

解析：由题图知外电路的总电阻为 10 Ω，回路的总电阻为 12 Ω，由全电路欧姆定律可知 $I=\frac{E}{R}=1$ A 所以路端电压 $U_R=IR=10\text{V}$，A 正确；电源的总功率 $P=IE=12$ W，B 错误；由串、并联电路特点得 a、b 的电流均为 0.5 A，所以 $U_{ab}=0.5\times(15-5)\text{V}=5\text{V}$，C 正确；$a$、$b$ 间用导线连接后，根据电路的连接可求得外电路的电阻为 7.5 Ω 回路的总电阻为 9.5 Ω，$I'=\frac{12}{9.5}\text{A}\neq1\text{A}$，所以 D 错误。

感悟方法：电路原先是"先串后并"，连接 a、b 后，电路结构变化为"先并后串"。

考点 7 电源电动势和内电阻的测量

【例 7】某兴趣小组探究用不同方法测定干电池的电动势和内阻，他们提出的实验方案中有如下四种器材组合。为使实验结果尽可能准确，最不可取的一组器材是(　　)

A. 一个安培表、一个伏特表和一个滑动变阻器

B. 一个伏特表和多个定值电阻

C. 一个安培表和一个电阻箱

D. 两个安培表和一个滑动变阻器

解析

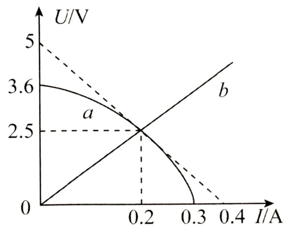
答案：D

解析：A 中根据闭合回路欧姆定律可得 $E=U+Ir$，可测量多组数据列式求解，A 正确；B 中根据欧姆定律可得 $E=\frac{U}{R}(r+R)$，测量多组数据可求解，B 正确；C 中根据欧姆定律可得 $E=I(R+r)$，可测量多组数据列式求解，C 正确；D 中两个安培表和一个滑动变阻器，由于不知道滑动变阻器电阻，故无法测量，D 错误。

感悟方法：测量 E、r 的方法有三种，伏安法 $E=U+Ir$，安阻法 $E=I(R+r)$，伏阻法 $E=\frac{U}{R}(r+R)$。

考点 8 两类 $U-I$ 图线的组合问题

【例 8】硅光电池是一种太阳能电池，具有低碳环保的优点。如图所示，图线 a 是该电池在某光照强度下路端电压 U 和电流 I 的关系图象(电池内阻不是常量)，图线 b 是某电阻 R 的 $U-I$ 图象。在该光照强度下将它们组成闭合回路时，硅光电池的内阻为(　　)



A. 5.5 Ω

B. 7.0 Ω

C. 12.0 Ω

D. 12.5 Ω

●解析

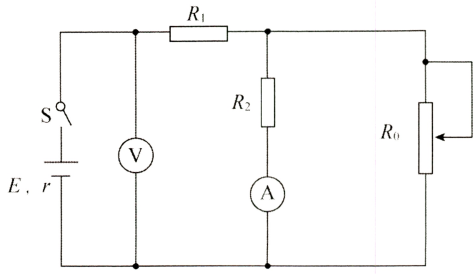
答案：A

解析：由欧姆定律得 $U=E-Ir$，当 $I=0$ 时，$E=U$，由图线 a 与纵轴的交点读出电源的电动势为 $E=3.6\ \text{V}$，根据两图线交点处的状态可知，电阻的电压为 $U=2.5\ \text{V}$，电流为 $I=0.2\ \text{A}$，则硅光电池的内阻为 $r=\dfrac{E-U}{I}=\dfrac{3.6-2.5}{0.2}\ \Omega=5.5\ \Omega$，故选项A正确。

感悟方法：把电源和电阻的 $U-I$ 图线画在同一坐标系中，图线的交点即电阻的"工作点"，电阻的电压和电流可求，其他的量也可求。

考点9　电压表电流表读数的变化

【例9】如图所示电路，电源内阻不可忽略。开关S闭合后，在变阻器 R_0 的滑动端向下滑动的过程中（　　）



A. 电压表与电流表的示数都减小

B. 电压表与电流表的示数都增大

C. 电压表的示数增大，电流表的示数减小

D. 电压表的示数减小，电流表的示数增大

●解析

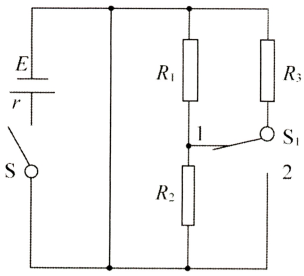
答案：A

解析：本题考查恒定电流电路的动态分析，考查考生对恒流电路规律的应用及分析问题的能力。滑动变阻器 R_0 的滑动端向下滑动，R_0 接入电路的电阻变小，电路的总电阻变小，总电流变大，电源的内电压变大，外电压变小，电压表的示数变小，R_1 两端的电压变大，R_2 两端的电压变小，电流表的示数变小，A正确。

感悟方法：动态电路问题的基本路思路：从部分电路的电阻变化出发，分析总电阻的变化，得出总电流的变化，可得外电压的变化；然后，再用"先定后变"的方法，即结合欧姆定律，先得出定值电阻的电流、电压的变化，再根据电路的特点得出变化电阻的电流、电压变化。

考点10　电源功率与效率的动态变化

【例10】如图所示的电路中，电池的电动势为 E，内阻为 r，电路中的电阻 R_1、R_2 和 R_3 的阻值都相同。在开关S处于闭合状态下，若将开关 S_1 由位置1切换到位置2，则（　　）



A. 电压表的示数变大　　　　B. 电池内部消耗的功率变大

C. 电阻 R_2 两端的电压变大　　　　D. 电池的效率变大

● 解析

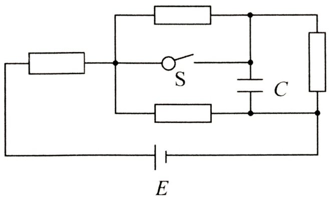
答案：B

解析：令 $R_1=R_2=R_0$，在位置 1，外电路总电阻为 $R=\frac{3}{2}R_0$；开关 S_1 由位置 1 切换 2，则整个外电阻为 $R'=\frac{2}{3}R_0$，由于总电阻减小，总电流增大，内电压增大，电压表示数减小，A 错；内耗功率 $P=I^2r$，故 P 增大，B 对；开关在位置 1 时的 R_2 两端电压为 $U_{R2}=\frac{ER_0}{\frac{3}{2}R_0+r}$；开关在位置 2 时，$R_2$ 两端电压为 $U'_{R2}=\frac{1}{2}\left(E-\frac{Er}{\frac{2}{3}R_0+r}\right)=\frac{\frac{2}{3}R_0E}{2\times\left(\frac{2}{3}R_0+r\right)}=\frac{R_0E}{2R_0+3r}$，则 $U_{R2}-U'_{R2}=\frac{ER_0(0.5R_0+2r)}{\left(\frac{2}{3}R_0+r\right)(2R_0+3r)}>0$，故 $U_{R2}>U'_{R2}$，则 C 错；电池效率 $=\frac{R}{R+r}\times100\%=\frac{1}{1+\frac{r}{R}}\times100\%$，由于 R 减小，η 减小，故 D 错。

感悟方法：电源功率与效率的动态变化基本思路仍然是电路的动态问题，根据动态问题的解题方法来求解。

考点 11　电容电路问题

【例 11】阻值相等的四个电阻、电容器 C 及电池 E(内阻可忽略)连接成如图所示电路。开关 S 断开且电流稳定时，C 所带的电荷量为 Q_1；闭合开关 S，电流再次稳定后，C 所带的电荷量为 Q_2。Q_1 与 Q_2 的比值为(　　)



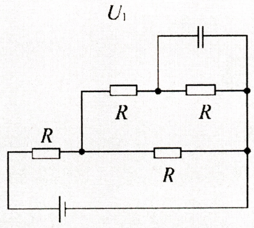
A. $\frac{2}{5}$　　B. $\frac{1}{2}$　　C. $\frac{3}{5}$　　D. $\frac{2}{3}$

● 解析

答案：C

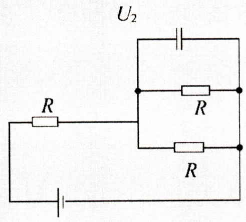
解析：由已知可得：$Q_1=U_1C$　$Q_2=U_2C$　则 $\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{U_1}{U_2}$

S 断开时等效电路如下



$$U_1=\frac{\frac{R(R+R)}{(R+R)+R}}{R+\frac{R(R+R)}{(R+R)+R}}E\times\frac{1}{2}=\frac{1}{5}E$$

S 闭合时等效电路如下



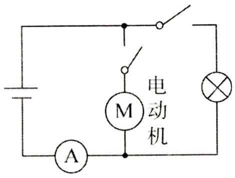
$$U_2=\frac{\frac{R\cdot R}{R+R}}{R+\frac{R\cdot R}{R+R}}=\frac{1}{3}E$$

则 $\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{U_1}{U_2}=\frac{3}{5}$。

感悟方法：在恒定电路中的电容器，在电路等效时，相当于断路，其电压等于与其相并联的电阻两端的电压。

考点 12　电动机问题

【例 12】汽车电动机启动时车灯会瞬时变暗，如图所示，在打开车灯的情况下，电动机未启动时电流表读数为 10 A，电动机启动时电流表读数为 58 A，若电源电动势为 12.5 V，内阻为 0.05 Ω，电流表内阻不计，则因电动机启动，车灯的电功率降低了(　　)



A. 35.8 W　　B. 43.2 W　　C. 48.2 W　　D. 76.8 W

解析

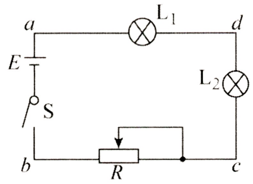
答案：B

解析：电动机不启动时，灯泡的电压为电源路端电压，设为 U_L，电动机启动后灯泡电压仍为路端电压，设为 U_L'。由欧姆定律得 $R=\frac{U}{I}=\frac{E-Ir}{I}=1.2\ \Omega$，灯泡消耗功率为 $P_L=I^2R=120\text{W}$。电动机启动后，路端电压 $U_L'=E-I'r=9.6\ \text{V}$，灯泡消耗电功率为 $P_L=\frac{U_L^2}{R}=\frac{9.6^2}{1.2}\text{W}=76.8\text{W}$。所以灯泡功率降低了 $\Delta P=120\ \text{W}-76.8\ \text{W}=43.2\ \text{W}$。

感悟方法：电动机正常工作时，可以看成“非纯电阻”，要根据能量的守恒规律来求解。

考点 13　电路故障问题

【例 13】如图所示，电源电动势为 6 V，当开关 S 接通时，灯泡 L_1 和 L_2 都不亮，用电压表测得各部分电压是 $U_{ad}=0$，$U_{cd}=6\text{V}$，$U_{ab}=6\text{V}$，由此可判定(　　)



A. L_1 和 L_2 的灯丝都断了　　B. L_1 的灯丝断了

C. L_2 的灯丝断了　　D. 变阻器 R 断路

解析

答案：C

解析：根据电路发生断路的特点可以判断。因 $U_{ab}=6\ \text{V}$ 则说明电源没有问题，是外电路出现故障，而 $U_{cd}=6\ \text{V}$，则说明 L_1、R 完好，又 $U_{ad}=0$，则说明 L_2 的灯丝断了，故选项 C 正确。

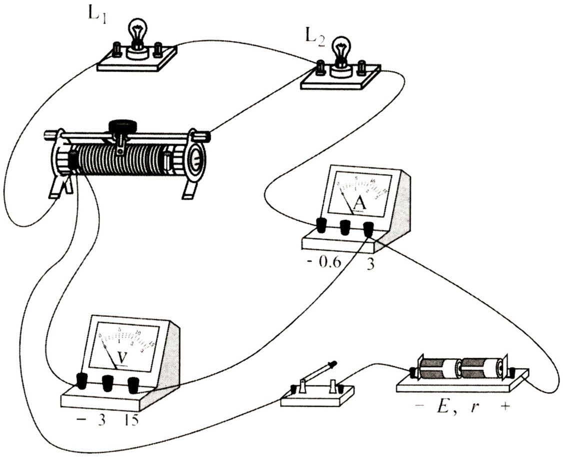
感悟方法：电路的断路故障判断最好的方法是用电压表，电压表测量相应部分的电压，如果哪部分电路的电压接近电源电动势，那么这部分(非含源)电路就发生断路。

过关演练

1. 经典物理学认为金属的电阻源于定向运动的自由电子与金属离子(即金属原子失去电子后的剩余部分)的碰撞，且金属导体中通过恒定电流形成了稳恒的电场，已知铜的电阻率为 ρ，单位体积内的自由电子数量为 n，自由电子的质量为 m、带电荷量为 e，假设自由电子与金属离子碰撞后减速到零，且碰撞时间极短，则铜导线中自由电子连续两次与金属离子碰撞的时间间隔的平均值为(　　)

A. $\frac{2m}{n\rho e}$　　B. $\frac{2m}{n\rho e^2}$　　C. $\frac{2\rho m}{ne^2}$　　D. $\frac{2nm}{\rho e^2}$

2. 如图所示，电源电动势为 E，内阻为 r，不计电压表和电流表内阻对电路的影响，当开关闭合后，两灯泡均能发光。现将滑动变阻器的触片逐渐向右滑动，下列说法正确的是(　　)



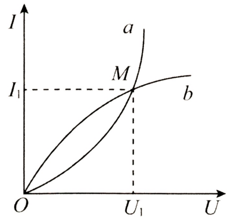
A. 小灯泡 L_1、L_2 均变暗

B. 小灯泡 L_1 变亮，L_2 变暗

C. 电流表 A 的读数变小，电压表 V 的读数变大

D. 电流表 A 的读数变大，电压表 V 的读数变小

3. 某一热敏电阻其阻值随温度的升高而减小，在一次实验中，将该热敏电阻与一小灯泡串联，通电后其电流 I 随所加电压 U 变化的图线如图所示，M 为两元件的伏安曲线的交点。则关于热敏电阻和小灯泡的下列说法中正确的是(　　)



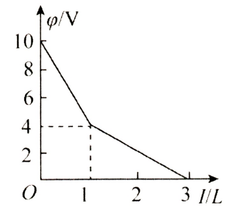
A. 图中图线 a 是小灯泡的伏安曲线，图线 b 是热敏电阻的伏安曲线

B. 图中图线 b 是小灯泡的伏安曲线，图线 a 是热敏电阻的伏安曲线

C. 图线中的 M 点，表示该状态小灯泡的电阻大于热敏电阻的阻值

D. 图线中 M 点对应的状态，小灯泡的功率与热敏电阻的功率相等

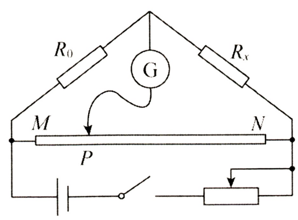
4. 两根材料相同的均匀导线 x 和 y，x 长为 L，y 长为 $2L$，串联在电路中时，沿 x 到 y 的长度方向电势变化如图所示，则 x、y 导线的横截面积之比为(　　)



A. 2∶3　　　　B. 1∶3

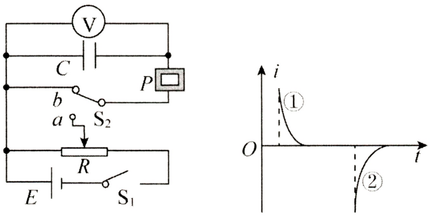
C. 3∶2　　　　D. 3∶1

5. 用图示的电路可以测量电阻的阻值。图中 R_x 是待测电阻，R_0 是定值，Ⓖ是灵敏度很高的电流表，MN 是一段均匀的电阻丝。闭合开关，改变滑动头 P 的位置，当通过电流表Ⓖ的电流为零时，测得 $MP=l_1$，$PN=l_2$，则 R_x 的阻值为(　　)



A. $\frac{l_1}{l_2}R_0$　　B. $\frac{l_1}{l_1+l_2}R_0$　　C. $\frac{l_2}{l_1}R_0$　　D. $\frac{l_2}{l_1+l_2}R_0$

6. 某同学设计了一个探究电容器所带电荷量与电容器两极间电压关系的实验，实验电路如图甲所示，其中 P 为电流传感器，V 为电阻很大的电压表。实验时，先将开关 S_1 闭合，单刀双掷开关 S_2 掷向 a，调节滑动变阻器的滑动头到某位置使电容器 C 充电，当电路达到稳定后记录理想电压表的示数。再迅速将开关 S_2 掷向 b，使电容器放电。电流传感器 P 将电容器充、放电过程中的电流数据传送给计算机，在计算机上可显示出电流 i 随时间 t 变化的图象如图乙所示。然后改变滑动变阻器滑动头的位置，重复上述步骤，记录多组电流随时间变化的图象和电压表的示数。对于这个实验过程和由图象及数据所得出的结果，下列说法中正确的是(　　)



甲　　　　乙

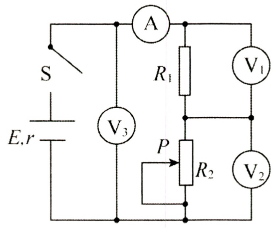
A. 流过电流传感器 P 的充电电流和放电电流方向相同

B. 图乙中的第①段(充电阶段)电流曲线与横轴所围图形的面积表示电容器充电结束时所带的电荷量

C. 电容器充电结束时所带电荷量随电容器充电结束时两极间电压变化的关系图象应为一条过原点的倾斜直线

D. 电容器充电结束时所带电荷量与滑动变阻器滑动头的位置无关

7. 在如图所示电路中，闭合开关 S，当滑动变阻器的滑动触头 P 向下滑动时，四个理想电表的示数都发生变化，电表的示数分别用 I、U_1、U_2 和 U_3 表示，电表示数变化量的大小分别用 ΔI、ΔU_1、ΔU_2 和 ΔU_3 表示。下列比值正确的是(　　)



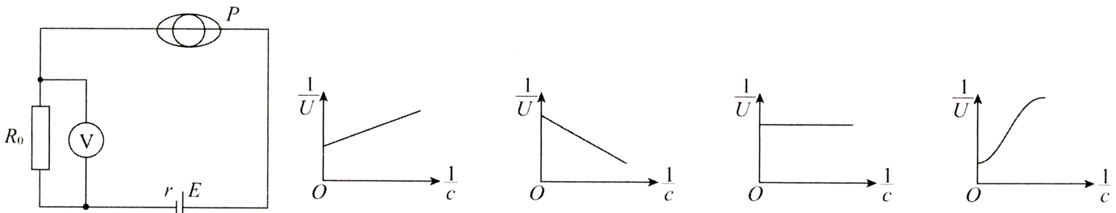
A. $\frac{U_1}{I}$不变，$\frac{\Delta U_1}{\Delta I}$不变

B. $\frac{U_2}{I}$变大，$\frac{\Delta U_2}{\Delta I}$变大

C. $\frac{U_2}{I}$变大，$\frac{\Delta U_2}{\Delta I}$不变

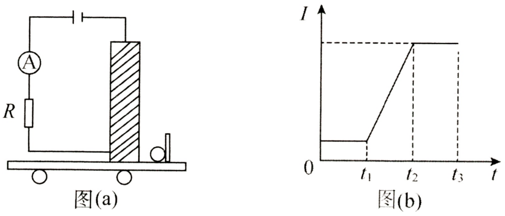
D. $\frac{U_3}{I}$变大，$\frac{\Delta U_3}{\Delta I}$不变

8. 酒精测试仪的工作原理如图所示，其中 P 是半导体型酒精气体传感器，该传感器电阻 R_x 的倒数与酒精气体的浓度 c 成正比，R_0 为定值电阻。以下关于电压表示数的倒数($\frac{1}{U}$)与酒精气体浓度的倒数($\frac{1}{c}$)之间关系的图象，正确的是(　　)



A　　B　　C　　D

9. 压敏电阻的阻值随所受压力的增大而减小，有位同学利用压敏电阻设计了判断小车运动状态的装置，其工作原理如图(a)所示，将压敏电阻和一块挡板固定在绝缘小车上，中间放置一个绝缘重球。小车向右做直线运动过程中，电流表示数如图(b)所示，下列判断正确的是(　　)



图(a)　　图(b)

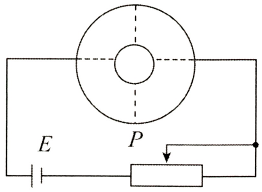
A. 从 t_1 到 t_2 时间内，小车做匀速直线运动

B. 从 t_1 到 t_2 时间内，小车做匀加速直线运动

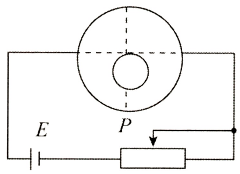
C. 从 t_2 到 t_3 时间内，小车做匀速直线运动

D. 从 t_2 到 t_3 时间内，小车做匀加速直线运动

10. 如图所示，将两只完全相同的金属圆盘接入电路，其中图(a)中的圆盘中心挖了一个洞，图(b)中圆盘中心下方挖了同样大小的一个洞，在两金属圆盘两端加上相同的恒定电压，在相同的时间内，两金属圆盘产生的热量分别为 Q_a 和 Q_b，则(　　)



图(a)

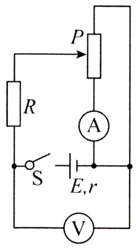


图(b)

A. $Q_a=Q_b$　　　　B. $Q_a>Q_b$

C. $Q_a<Q_b$　　　　D. 条件不足，无法比较 Q_a 与 Q_b 的大小

11. 如图所示电路中，闭合开关 S，当滑动变阻器的滑动触头 P 从最高端向下滑动时(　　)



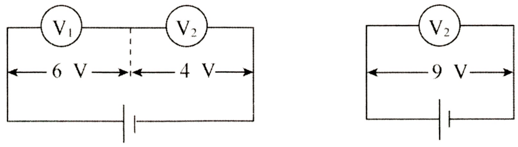
A. 电压表 V 读数先变大后变小，电流表 A 读数变大

B. 电压表 V 读数先变小后变大，电流表 A 读数变小

C. 电压表 V 读数先变大后变小，电流表 A 读数先变小后变大

D. 电压表 V 读数先变小后变大，电流表 A 读数先变大后变小

12. 如图甲所示，电压表 V_1、V_2 串联接入电路中时，示数分别为 6 V 和 4 V，当只有电压表 V_2 接入电路中时，如图乙所示，示数为 9 V，电源的电动势为(　　)

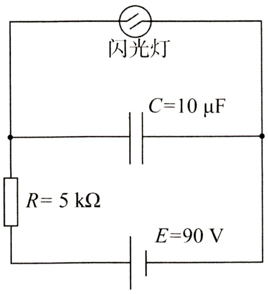


甲　　　　乙

A. 9.8 V　　　　B. 10 V

C. 10.8 V　　　　D. 11.2 V

13. 如图所示，电源 E 对电容器 C 充电，当 C 两端电压达到 80 V 时，闪光灯瞬间导通并发光，C 放电。放电后，闪光灯断开并熄灭，电源再次对 C 充电。这样不断地充电和放电，闪光灯就周期性地发光。该电路(　　)



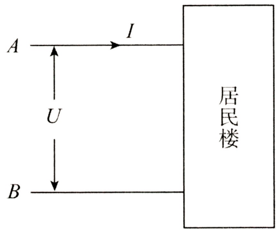
A. 充电时，通过 R 的电流不变

B. 若 R 增大，则充电时间变长

C. 若 C 增大，则闪光灯闪光一次通过的电荷量增大

D. 若 E 减小为 85 V，闪光灯闪光一次通过的电荷量不变

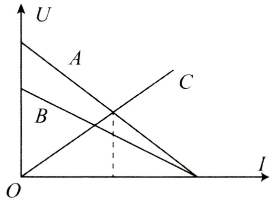
14. 如图所示，在一幢居民楼里有各种不同的用电器，如电灯、电视机、洗衣机、微波炉、排油烟机等。停电时，用多用电表测得 A、B 间的电阻为 R；供电后，设各家用电器全都同时使用时，测得 A、B 间电压为 U，进线电流为 I；经过一段时间 t，从总电能表中测得这段时间内消耗的电能为 W，则下列表达式用来计算该幢楼居民用电的总功率，其中正确的是(　　)



A. $P=I^2R$　　B. $P=\frac{U^2}{R}$

C. $P=IU$　　D. $P=\frac{W}{t}$

15. 如图所示，直线 A 为电源 a 的路端电压与电流的关系图象；直线 B 为电源 b 的路端电压与电流的关系图象；直线 C 为一个电阻 R 的两端电压与电流的关系图象。将这个电阻 R 分别接到 a、b 两电源上，那么(　　)



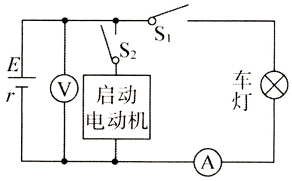
A. R 接到 a 电源上，电源的效率较高

B. R 接到 b 电源上，电源的输出功率较大

C. R 接到 a 电源上，电源的输出功率较大，但电源效率较低

D. R 接到 b 电源上，电阻的发热功率和电源的效率都较高

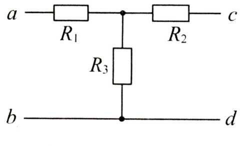
16. 如图所示为汽车蓄电池与车灯(电阻不变)、启动电动机组成的电路，蓄电池内阻为 0.05 Ω。电流表和电压表均为理想电表，只接通 S_1 时，电流表示数为 10 A，电压表示数为 12 V，再接通 S_2，启动电动机工作时，电流表示数变为 8 A，则此时通过启动电动机的电流是(　　)



A. 2 A　　B. 8 A

C. 50 A　　D. 58 A

17. 一个 T 形电路如图所示，电路中的电阻 $R_1=10\Omega$，$R_2=120\Omega$，$R_3=40\Omega$，另有一测试电源，电动势为 100V，内阻忽略不计，则(　　)



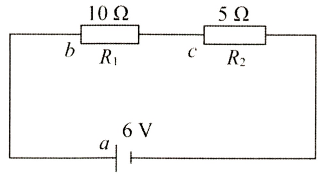
A. 当 cd 端短路时，ab 之间的等效电阻是 40Ω

B. 当 ab 端短路时，cd 之间的等效电阻是 40Ω

C. 当 ab 两端接通测试电源时，cd 两端的电压为 80V

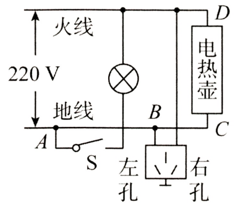
D. 当 cd 两端接通测试电源时，ab 两端的电压为 80V

18. 在如图所示电路的三根导线中，有一根是断开的，电源，电阻 R_1、R_2 及另外两根导线都是完好的，为了查出断导线，某学生想先将多用电表的红表笔接在电源的正极，再将黑表笔分别连电阻 R_1 的 b 端和 R_2 的 c 端，并观察多用电表指针的示数，在下列选挡中，符合操作规程的是(　　)



A. 直流电压 10V 挡　　B. 直流电流 0.5A 挡　　C. 直流电压 2.5V 挡　　D. 欧姆挡

19. 某居民家中的电路如图所示，开始时各部分工作正常。将电饭煲的插头插入三孔插座后，正在烧水的电热壶突然不能工作，但电灯仍正常发光。拔出电饭煲的插头，把试电笔分别插入插座的左、右插孔，氖管均能发光，则(　　)



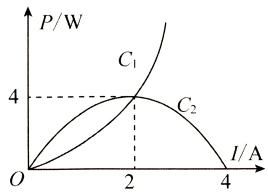
A. 仅电热壶所在的 C、D 两点间发生了断路故障

B. 仅电热壶所在的 C、D 两点间发生了短路故障

C. 仅导线 AB 间断路

D. 因为插座用导线接地，所以发生了上述故障

20. 如图所示，一确定电源在外电阻不断变化时，内、外电路消耗的电功率随电流变化的关系分别用曲线 C_1、C_2 表示。由该图可知(　　)



A. 电源的电动势为 8V

B. 电源的内阻为 2Ω

C. 电源输出功率的最大值为 16W

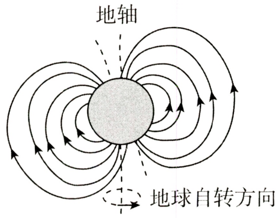
D. 电源被短路时，电源消耗的功率为 16W

专题九　磁场

典例剖析

考点 1 磁场及地磁场

【例 1】中国宋代科学家沈括在《梦溪笔谈》中最早记载了地磁偏角："以磁石磨针锋，则能指南，然常微偏东，不全南也。"进一步研究表明，地球周围地磁场的磁感线分布示意图如图所示。结合上述材料，下列说法不正确的是（　　）



A. 地理南、北极与地磁场的南、北极不重合

B. 地球内部也存在磁场，地磁南极在地理北极附近

C. 地球表面任意位置的地磁场方向都与地面平行

D. 地磁场对射向地球赤道的带电宇宙射线粒子有力的作用

解析

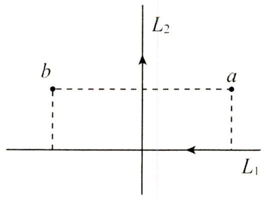
答案：C

解析：试题分析：根据题意可得，地理南北极与地磁场存在一个夹角，为磁偏角，故两者不重合，A 正确；地磁南极在地理的北极附近，地磁北极在地理南极附近，B 正确；由于地磁场磁场方向沿磁感线切线方向，故只有赤道处才与地面平行，C 错误；在赤道处磁场方向水平，而射线是带电的粒子，运动方向与磁场方向不平行时，根据左手定则可得射向赤道的粒子受到洛伦兹力的作用，D 正确。

感悟方法：地球本身就是一个大磁体，地磁的北极在地理南极附近，地磁的南极在地理的北极附近，磁感线从地理的南极出发，回到地理的北极，在赤道处，呈水平且与赤道垂直。

考点 2　磁感应强度的叠加

【例 2】如图，纸面内有两条互相垂直的长直绝缘导线 L_1、L_2，L_1 中的电流方向向左，L_2 中的电流方向向上；L_1 的正上方有 a、b 两点，它们相对于 L_2 对称。整个系统处于匀强外磁场中，外磁场的磁感应强度大小为 B_0，方向垂直于纸面向外。已知 a、b 两点的磁感应强度大小分别为 $\frac{1}{3}B_0$ 和 $\frac{1}{2}B_0$，方向也垂直于纸面向外。则（　　）



A. 流经 L_1 的电流在 b 点产生的磁感应强度大小为 $\frac{7}{12}B_0$

B. 流经 L_1 的电流在 a 点产生的磁感应强度大小为 $\frac{1}{12}B_0$

C. 流经 L_2 的电流在 b 点产生的磁感应强度大小为 $\frac{1}{12}B_0$

D. 流经 L_2 的电流在 a 点产生的磁感应强度大小为 $\frac{7}{12}B_0$

解析

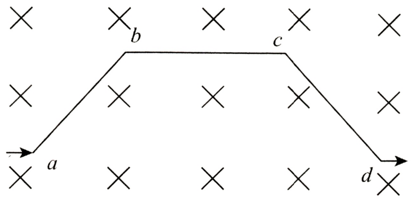
答案：AC

解析：由对称性可知，流经 L_1 的电流在 a、b 两点产生的磁感应强度大小相等，方向相同，设为 B_1，流经 L_2 的电流在 a、b 两点产生的磁感应强度大小相等但方向相反，设其大小为 B_2，由磁场叠加原理有 $B_0-B_1-B_2=\frac{1}{3}B_0$，$B_0-B_1+B_2=\frac{1}{2}B_0$，联立解得 $B_1=\frac{7}{12}B_0$，$B_2=\frac{1}{12}B_0$，所以 A、C 正确。

感悟方法：磁感应强度是矢量，其叠加遵循平行四边形定则。

考点 3　通电导线受到的安培力

【例 3】如图，一段导线 $abcd$ 位于磁感应强度大小为 B 的匀强磁场中，且与磁场方向（垂直于纸面向里）垂直。线段 ab、bc 和 cd 的长度均为 L，且 $\angle abc=\angle bcd=135°$。流经导线的电流为 I，方向如图中箭头所示。导线段 $abcd$ 所受到的磁场的作用力的合力为（　　）



A. 方向沿纸面向上，大小为 $(\sqrt{2}+1)IBL$

B. 方向沿纸面向上，大小为 $(\sqrt{2}-1)IBL$

C. 方向沿纸面向下，大小为 $(\sqrt{2}+1)IBL$

D. 方向沿纸面向下，大小为 $(\sqrt{2}-1)IBL$

● 解析

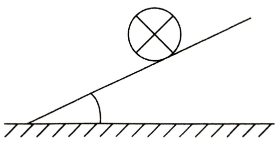
答案：A

解析：该导线可以用 a 和 d 之间长为 $(\sqrt{2}+1)L$ 的直导线来等效代替，根据 $F=BIL$，可知所受安培力的大小为 $(\sqrt{2}+1)BIL$，方向根据左手定则可知为沿纸面向上，A 正确。

感悟方法：安培力公式 $F=BIL$，对于不规则的导体棒来讲，其中的"L"是等效长度。

考点 4　通电导线在磁场中的平衡

【例 4】如图所示，在倾角为 α 的光滑斜面上，垂直纸面放置一根长为 L，质量为 m 的直导体棒. 在导体棒中的电流 I 垂直纸面向里时，欲使导体棒静止在斜面上，下列外加匀强磁场的磁感应强度 B 的大小和方向正确的是（　　）



A. $B=mg\dfrac{\sin\alpha}{IL}$，方向垂直斜面向上

B. $B=mg\dfrac{\sin\alpha}{IL}$，方向垂直斜面向下

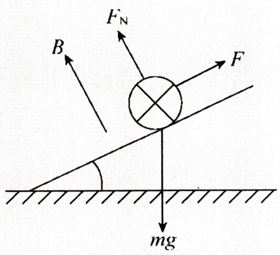
C. $B=mg\dfrac{\cos\alpha}{IL}$，方向垂直斜面向下

D. $B=mg\dfrac{\cos\alpha}{IL}$，方向垂直斜面向上

● 解析

答案：A

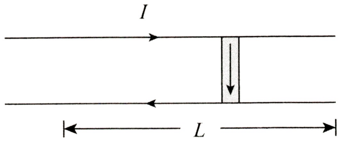
解析：若磁场方向垂直斜面向上，由左手定则可判定，安培力方向沿斜面向上，则杆受竖直向下的重力 mg，斜面对杆的支持力 F_N 和沿斜面向上的安培力 F，如图所示，则 $mg\sin\alpha=F$，而 $F=ILB$，所以 $B=mg\dfrac{\sin\alpha}{IL}$，故 A 对，D 错；若磁场方向垂直斜面向下，由左手定则可判定，安培力方向沿斜面向下，因斜面光滑，杆不可能静止在斜面上，故 B、C 错。



感悟方法：本题的思路就是"搭台唱戏"，除了安培力公式 $F=BIL$ 外，其他按力学中的平衡知识来求解即可。

考点 5　通电导线在磁场中的运动

【例 5】电磁轨道炮工作原理如图所示。待发射弹体可在两平行轨道之间自由移动，并与轨道保持良好接触。电流 I 从一条轨道流入，通过导电弹体后从另一条轨道流回。轨道电流可形成在弹体处垂直于轨道面的磁场(可视为匀强磁场)，磁感应强度的大小与 I 成正比。通电的弹体在轨道上受到安培力的作用而高速射出。现欲使弹体的出射速度增加至原来的 2 倍，理论上可采用的方法是(　　)



A. 只将轨道长度 L 变为原来的 2 倍

B. 只将电流 I 增加至原来的 2 倍

C. 只将弹体质量减至原来的一半

D. 将弹体质量减至原来的一半，轨道长度 L 变为原来的 2 倍，其他量不变

解析

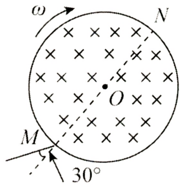
答案：BD

解析：由题意可知磁感应强度 $B=kI$，安培力 $F=BId=kI^2d$，由动能定理可得 $FL=\frac{mv^2}{2}$，解得 $v=I\sqrt{\frac{2kdL}{m}}$，由此式可判断 B、D 正确。

感悟方法：本题考查的是安培力和动能定理的知识，意在考查考生应用物理知识解决实际问题的能力。

考点 6　带电粒子在磁场中的圆周运动

【例 6】一圆筒处于磁感应强度大小为 B 的匀强磁场中，磁场方向与筒的轴平行，筒的横截面如图所示。图中直径 MN 的两端分别开有小孔。筒绕其中心轴以角速度 ω 顺时针转动。在该截面内，一带电粒子从小孔 M 射入筒内，射入时的运动方向与 MN 成 $30°$ 角。当筒转过 $90°$ 时，该粒子恰好从小孔 N 飞出圆筒。不计重力。若粒子在筒内未与筒壁发生碰撞，则带电粒子的比荷为(　　)

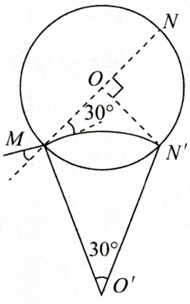


A. $\frac{\omega}{3B}$　　B. $\frac{\omega}{2B}$　　C. $\frac{\omega}{B}$　　D. $\frac{2\omega}{B}$

解析

答案：A

解析：如图所示，由几何关系可知粒子的运动轨迹圆心为 O'，$\angle MO'N'=30°$，由粒子在磁场中的运动规律可知：



$F_{向}=m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2r$　①

$F_{向}=F_{合}=qvB$　②

由①②得 $T=\frac{2\pi m}{Bq}$ 即比荷 $\frac{q}{m}=\frac{2\pi}{BT}$　③

由圆周运动与几何关系可知 $t_{粒子}=t_{筒}$

即 $\frac{30°}{360°}\cdot T_{粒子}=\frac{90°}{360°}\cdot T_{筒}$

则 $T_{粒子}=3T_{筒}$　④

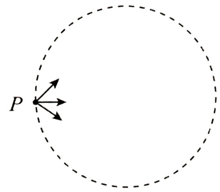
又有 $T_{筒}=\frac{2\pi}{\omega}$　⑤

由③④⑤得 $\frac{q}{m}=\frac{\omega}{3B}$。

感悟方法：解决本题首先要用到洛伦兹力提供向心力的规律，然后结合圆的一些基本知识来求解。

考点 7　粒子源问题

【例 7】如图，虚线所示的圆形区域内存在一垂直于纸面的匀强磁场，P 为磁场边界上的一点，大量相同的带电粒子以相同的速率经过 P 点，在纸面内沿不同的方向射入磁场，若粒子射入速率为 v_1，这些粒子在磁场边界的出射点分布在六分之一圆周上；若粒子射入速率为 v_2，相应的出射点分布在三分之一圆周上，不计重力及带电粒子之间的相互作用，则 $v_2:v_1$ 为（　　）

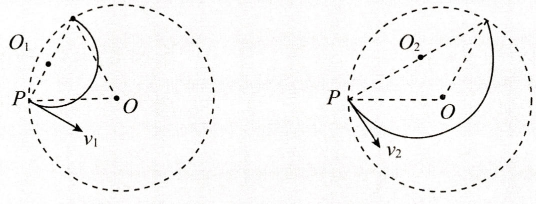


A. $\sqrt{3}:2$　　B. $\sqrt{2}:1$　　C. $\sqrt{3}:1$　　D. $3:\sqrt{2}$

解析

答案：C

解析：根据作图分析可知，当粒子在磁场中运动半个圆周时，打到圆形磁场边界的位置距 P 点最远，则当粒子射入的速率为 v_1，轨迹如图甲所示，设圆形磁场半径为 R，由几何知识可知，粒子运动的轨道半径为 $r_1=R\cos 60°=\frac{1}{2}R$；若粒子射入的速率为 v_2，轨迹如图乙所示，由几何知识可知，粒子运动的轨道半径为 $r_2=R\cos 30°=\frac{\sqrt{3}}{2}R$；根据轨道半径公式 $r=\frac{mv}{qB}$ 可知，$v_2:v_1=r_2:r_1=\sqrt{3}:1$，故选项 C 正确。

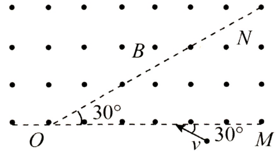


甲　　　　乙

感悟方法：粒子源问题一般有两种：一种是从同一点射出等速不同方向的一“簇”粒子；一种是等速同方向的一“排”粒子，这两种方式往往可以看成一种是另一种的逆向。

考点 8　带电粒子在磁场中运动的极值问题

【例 8】平面 OM 和平面 ON 之间的夹角为 30°，其横截面（纸面）如图所示，平面 OM 上方存在匀强磁场，磁感应强度大小为 B，方向垂直于纸面向外。一带电粒子的质量为 m，电荷量为 q（$q>0$）。粒子沿纸面以大小为 v 的速度从 OM 的某点向左上方射入磁场，速度与 OM 成 30°角。已知该粒子在磁场中的运动轨迹与 ON 只有一个交点，并从 OM 上另一点射出磁场。不计重力。粒子离开磁场的出射点到两平面交线 O 的距离为（　　）

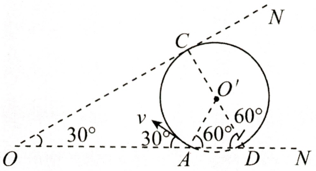


A. $\frac{mv}{2qB}$　　B. $\frac{\sqrt{3}mv}{qB}$　　C. $\frac{2mv}{qB}$　　D. $\frac{4mv}{qB}$

●解析

答案:D

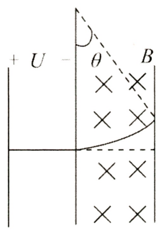
解析:带电粒子在磁场中做圆周运动的轨道半径为 $r=\frac{mv}{qB}$。轨迹与 ON 相切,画出粒子的运动轨迹如图所示,由于 $AD=2r\sin 30°=r$,故$\triangle AO'D$ 为等边三角形,$\angle O'DA=60°$,而$\angle MON=30°$,则$\angle OCD=90°$,故 $CO'D$ 为一直线,$OD=\frac{CD}{\sin 30°}=2CD=4r=\frac{4mv}{qB}$,故选项 D 正确。



感悟方法:极值问题的求解一般有两种方法,一种是用物理的方法,找到极值现象,直接求解;一种是用数学方法,先写出基本函数表达式,然后求函数的极值。本题是采用物理的方法求解。

考点 9　带电粒子在电磁组合场中的运动

【例 9】在半导体注入工艺中,初速度可忽略的离子 P^+ 和 P^{3+},经电压为 U 的电场加速后,垂直进入磁感应强度大小为 B、方向垂直纸面向里,有一定的宽度的匀强磁场区域,如图所示,已知离子 P^+ 在磁场中转过 $\theta=30°$ 后从磁场右边界射出。在电场和磁场中运动时,离子 P^+ 和 P^{3+}(　　)



A. 在电场中的加速度之比为 1∶1　　B. 在磁场中运动的半径之比为$\sqrt{3}$∶1

C. 在磁场中转过的角度之比为 1∶2　　D. 离开电场区域时的动能之比为 1∶3

●解析

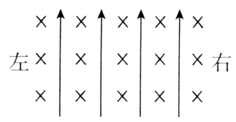
答案:BCD

解析:根据 $qU=\frac{1}{2}mv^2$,认为两种粒子的质量近似相等,可得,粒子进入磁场时,动能之比为 1∶3,$v_1:v_2=\sqrt{q_1}:\sqrt{q_2}=1:\sqrt{3}$,在磁场中做圆周运动的加速度 $a=\frac{v^2}{R}$,轨道半径 $R=\frac{mv}{Bq}$,可得半径之比为$\sqrt{3}$∶1;加速度之比为 $1:3\sqrt{3}$;由几何关系知,P^{3+} 在磁场转过 60°,带电粒子在磁场中速度不变,离开电场区域时的动能之比为 1∶3。

感悟方法:电磁场中的运动问题是多过程问题,按照多过程问题的“分段”处理方法来进行。

考点 10　带电粒子在复合场中的运动

【例 10】如图,空间某区域存在匀强电场和匀强磁场,电场方向竖直向上(与纸面平行),磁场方向垂直于纸面向里,三个带正电的微粒 a、b、c 电荷量相等,质量分别为 m_a、m_b、m_c。已知在该区域内,a 在纸面内做匀速圆周运动,b 在纸面内向右做匀速直线运动,c 在纸面内向左做匀速直线运动。下列选项正确的是(　　)



A. $m_a>m_b>m_c$　　B. $m_b>m_a>m_c$

C. $m_c>m_a>m_b$　　D. $m_c>m_b>m_a$

解析

答案：B

解析：该空间区域为匀强电场、匀强磁场和重力场的叠加场，a 在纸面内做匀速圆周运动，可知其重力与所受到的电场力平衡，洛伦兹力提供其做匀速圆周运动的向心力，有 $m_a g=qE$，解得 $m_a=\frac{qE}{g}$。b 在纸面内向右做匀速直线运动，由左手定则可判断出其所受洛伦兹力方向竖直向上，可知 $m_b g=qE+qv_b B$，解得 $m_b=\frac{qE}{g}+\frac{qv_b B}{g}$。$c$ 在纸面内向左做匀速直线运动，由左手定则可判断出其所受洛伦兹力方向竖直向下，可知 $m_c g+qv_c B=qE$，解得 $m_c=\frac{qE}{g}-\frac{qv_c B}{g}$。综上所述，可知 $m_b>m_a>m_c$，选项 B 正确。

感悟方法：当粒子在匀强电场、匀强磁场和重力场的叠加场内做匀速圆周运动时，满足重力与所受到的电场力平衡。

考点 11　速度选择器

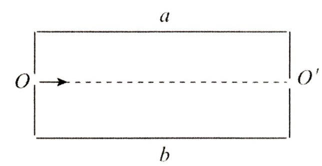
【例 11】如图为一“滤速器”装置示意图。a、b 为水平放置的平行金属板，一束具有各种不同速率的电子沿水平方向经小孔 O 进入 a、b 两板之间。为了选取具有某种特定速率的电子，可在 a、b 间加上电压，并沿垂直于纸面的方向加一匀强磁场，使所选电子仍能够沿水平直线 OO' 运动，由 O' 射出。不计重力作用。可能达到上述目的的办法是（　　）

A. 使 a 板电势高于 b 板，磁场方向垂直纸面向里

B. 使 a 板电势低于 b 板，磁场方向垂直纸面向里

C. 使 a 板电势高于 b 板，磁场方向垂直纸面向外

D. 使 a 板电势低于 b 板，磁场方向垂直纸面向外



解析

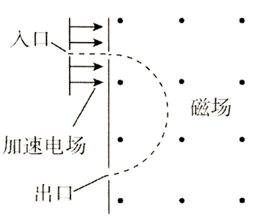
答案：AD

解析：要使电子沿 OO' 运动，则电子在竖直方向所受电场力和洛伦兹力平衡，若 a 板电势高于 b 板，则电子所受电场力竖直向上，其所受洛伦兹力必向下，由左手定则可判定磁场方向向里，故 A 选项正确；同理可判定 D 选项也正确。

感悟方法：速度选择器选择的粒子与粒子的质量与电荷量无关，仅仅与速度有关（包括速度的大小、方向）。

考点 12　质谱仪

【例 12】现代质谱仪可用来分析比质子重很多倍的离子，其示意图如图所示，其中加速电压恒定。质子在入口处从静止开始被加速电场加速，经匀强磁场偏转后从出口离开磁场。若某种一价正离子在入口处从静止开始被同一加速电场加速，为使它经匀强磁场偏转后仍从同一出口离开磁场，需将磁感应强度增加到原来的 12 倍。此离子和质子的质量比约为（　　）



A. 11　　B. 12　　C. 121　　D. 144

解析

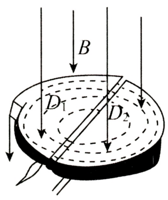
答案:D

解析:设质子的质量数和电荷数分别为 m_1、q_1,一价正离子的质量数和电荷数为 m_2、q_2,对于任意粒子,在加速电场中,由动能定理得:$qU=\frac{1}{2}mv^2-0$,解得:$v=\sqrt{\frac{2qU}{m}}$ ①在磁场中应满足 $qvB=m\frac{v^2}{r}$ ②由题意,由于两种粒子从同一入口垂直进入磁场,从同一出口垂直离开磁场,故在磁场中做匀速圆周运动的半径应相同。由①②式联立求解得匀速圆周运动的半径 $r=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}}$,由于加速电压不变,故$\frac{r_1}{r_2}=\frac{B_2}{B_1}\cdot\sqrt{\frac{m_1}{m_2}\cdot\frac{q_2}{q_1}}=\frac{1}{1}$,其中 $B_2=12B_1$,$q_1=q_2$,可得$\frac{m_1}{m_2}=\frac{1}{144}$,故一价正离子与质子的质量比约为 144。

感悟方法:质谱仪问题是带电粒子在电磁场中运动的多过程问题,按多过程问题的处理方法来处理即可。

考点 13 回旋加速器

【例 13】1930 年劳伦斯制成了世界上第一台回旋加速器,其原理如图所示,这台加速器由两个铜质 D 形盒 D_1、D_2 构成,其间留有空隙,下列说法正确的是( )



A. 离子由加速器的中心附近进入加速器

B. 离子由加速器的边缘进入加速器

C. 离子从磁场中获得能量

D. 离子从电场中获得能量

解析

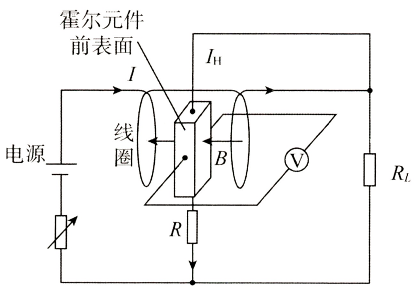
答案:AD

解析:离子由加速器的中心附近进入加速器,从电场中获取能量,最后从加速器边缘离开加速器,选项 A、D 正确。

感悟方法:回旋加速器中是电场和磁场相互配合,电场给粒子加速,磁场给粒子转向,实现回旋与加速的效果。

考点 14 霍尔效应

【例 14】如图所示,导电物质为电子的霍尔元件位于两串联线圈之间,线圈中电流为 I,线圈间产生匀强磁场,磁感应强度大小 B 与 I 成正比,方向垂直于霍尔元件的两侧面,此时通过霍尔元件的电流为 I_H,与其前后表面相连的电压表测出的霍尔电压 U_H 满足:$U_H=k\frac{I_HB}{d}$,式中 k 为霍尔系数,d 为霍尔元件两侧面间的距离。电阻 R 远大于 R_L,霍尔元件的电阻可以忽略,则( )



A. 霍尔元件前表面的电势低于后表面

B. 若电源的正负极对调,电压表将反偏

C. I_H 与 I 成正比

D. 电压表的示数与 R_L 消耗的电功率成正比

解析

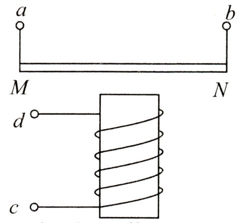
答案:CD

解析:导电物质为电子,由左手定则得电子受到洛伦兹力向后表面偏转,后表面电势低,选项 A 错误;若将电源的正负极对调,磁场和电子的运动方向同时反向,洛伦兹力的方向不变,电压表仍能正常偏转,选项 B 错误;电路是稳定电路,线圈中的电流和通过霍尔元件的电流的比例不变,选项 C 正确;$U_H=k\dfrac{I_HB}{d}$,而 B 与 I 成正比,故 U_H 正比于 $I_H\cdot I$,而 R_L 的功率正比于 I_L^2,I 与 I_L^2 的比例不变,故 U_H 正比于 R_L 的功率,选项 D 正确。

感悟方法:霍尔效应的载流子有两种:电子和空穴,空穴相当于"正电荷"。

过关演练

1. 如图所示,一金属直杆 MN 两端接有导线,悬挂于线圈上方,MN 与线圈轴线处于同一竖直平面内,为使 MN 垂直纸面向外运动,可以(　　)



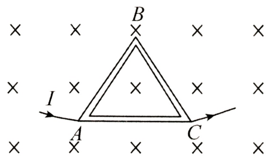
A. 将 a、c 端接电源正极,b、d 端接电源负极

B. 将 b、d 端接电源正极,a、c 端接电源负极

C. 将 a、d 端接电源正极,b、c 端接电源负极

D. 将 a、c 端接交流电源的一端,b、d 端接交流电源的另一端

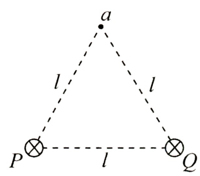
2. 如图所示,一个边长为 l、三边电阻相同的正三角形金属框放置在磁感应强度为 B 的匀强磁场中。若通以图示方向的电流(从 A 点流入,从 C 点流出),电流为 I,则金属框受到的磁场力为(　　)



A. 0　　B. IlB

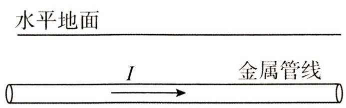
C. $\frac{4}{3}IlB$　　D. $2IlB$

3. 如图,在磁感应强度大小为 B_0 的匀强磁场中,两长直导线 P 和 Q 垂直于纸面固定放置,两者之间的距离为 l。在两导线中均通有方向垂直于纸面向里的电流 I 时,纸面内与两导线距离均为 l 的 a 点处的磁感应强度为零。如果让 P 中的电流反向、其他条件不变,则 a 点处磁感应强度的大小为



A. 0　　B. $\frac{\sqrt{3}}{3}B_0$　　C. $\frac{2\sqrt{3}}{3}B_0$　　D. $2B_0$

4. 在城市建设施工中,经常需要确定地下金属管线的位置,如图所示,有一种探测方法是,首先给金属长直管线通上电流,再用可以测量磁场强弱、方向的仪器进行以下操作:①用测量仪在金属管线附近的水平地面上找到磁场最强的某点,记为 a;②在 a 点附近的地面上,找到与 a 点磁感应强度相同的若干点,将这些点连成直线 EF;③在地面上过 a 点垂直于 EF 的直线上,找到磁场方向与地面夹角为 45°的 b、c 两点,测得 b、c 两点距离为 L,由此可确定金属管线(　　)



A. 平行于 EF,深度为 $\frac{L}{2}$　　B. 平行于 EF,深度为 L

C. 垂直于 EF,深度为 $\frac{L}{2}$　　D. 垂直于 EF,深度为 L

5. 如图 1 所示，两根光滑平行导轨水平放置，间距为 L，其间有竖直向下的匀强磁场，磁感应强度为 B。垂直于导轨水平对称放置一根均匀金属棒。从 $t=0$ 时刻起，棒上有如图 2 所示的持续交流电流 I，周期为 T，最大值为 I_m，图 1 中 I 所示方向为电流正方向。则金属棒(　　)

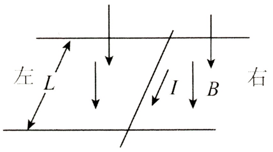


图 1

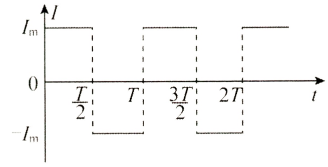
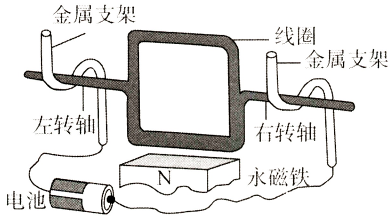


图 2

A. 一直向右移动　　B. 速度随时间周期性变化

C. 受到的安培力随时间周期性变化　　D. 受到的安培力在一个周期内做正功

6. 某同学自制的简易电动机示意图如图所示。矩形线圈由一根漆包线绕制而成，漆包线的两端分别从线圈的一组对边的中间位置引出，并作为线圈的转轴。将线圈架在两个金属支架之间，线圈平面位于竖直面内，永磁铁置于线圈下方。为了使电池与两金属支架连接后线圈能连续转动起来，该同学应将(　　)



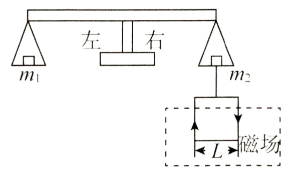
A. 左、右转轴下侧的绝缘漆都刮掉

B. 左、右转轴上下两侧的绝缘漆都刮掉

C. 左转轴上侧的绝缘漆刮掉，右转轴下侧的绝缘漆刮掉

D. 左转轴上下两侧的绝缘漆都刮掉，右转轴下侧的绝缘漆刮掉

7. 如图所示的天平可用于测定磁感应强度，天平的右臂下面挂有一个矩形线圈，宽度为 L，共 N 匝，线圈下端悬在匀强磁场中，磁场方向垂直纸面。当线圈中通有方向如图所示的电流 I 时，在天平左右两边加上质量各为 m_1、m_2 的砝码，天平平衡，当电流反向(大小不变)时，右边再加上质量为 m 的砝码后，天平重新平衡，由此可知(　　)



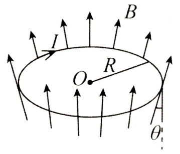
A. 磁感应强度的方向垂直于纸面向里，大小为$\frac{(m_1-m_2)g}{NIL}$

B. 磁感应强度的方向垂直于纸面向里，大小为$\frac{mg}{2NIL}$

C. 磁感应强度的方向垂直于纸面向外，大小为$\frac{(m_1-m_2)g}{NIL}$

D. 磁感应强度的方向垂直于纸面向外，大小为$\frac{mg}{2NIL}$

8. 如图所示，一个半径为 R 的导电圆环与一个轴向对称的发散磁场处处正交，环上各点的磁感应强度 B 大小相等，方向均与环面轴线方向成 θ 角(环面轴线为竖直方向)。若导线环上载有如图所示的恒定电流 I，则下列说法正确的是(　　)



A. 导电圆环所受安培力方向竖直向下　　B. 导电圆环所受安培力方向竖直向上

C. 导电圆环所受安培力的大小为 $2BIR$　　D. 导电圆环所受安培力的大小为 $2\pi BIR\sin\theta$

9. 质量为 m、带电荷量为 q 的粒子(忽略重力)在磁感应强度为 B 的匀强磁场中做匀速圆周运动,形成空间环形电流。已知粒子的运动速率为 v、半径为 R、周期为 T,环形电流的大小为 I。则下面说法中正确的是(　　)

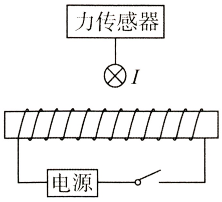
A. 该带电粒子的比荷为 $\frac{q}{m}=\frac{BR}{v}$

B. 在时间 t 内,粒子转过的圆弧对应的圆心角为 $\theta=\frac{qBt}{m}$

C. 当速率 v 增大时,环形电流的大小 I 保持不变

D. 当速率 v 增大时,运动周期 T 变小

10. 如图所示,在通电螺线管中央的正上方用轻质细线悬挂长为 l 的一小段通电直导线,导线中通入垂直于纸面向里的电流 I,力传感器用来测量细线的拉力大小,导线下方的螺线管与一未知极性的直流电源连接。开关断开时,力传感器的示数恰好等于通电直导线的重力 G,现闭合开关,则下列说法正确的是(　　)



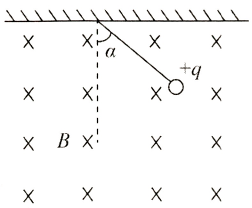
A. 通电螺线管在通电直导线处产生的磁场方向可能竖直向下

B. 通电直导线可能受到垂直纸面向里的安培力作用

C. 若力传感器的示数变大,则电源的右端一定为正极

D. 若力传感器的示数变为通电直导线重力的一半,则通电直导线所在处的磁感应强度大小一定为 $\frac{G}{2Il}$

11. 用绝缘细线悬挂一个质量为 m、带电荷量为 $+q$ 的小球,让它处于如图所示的磁感应强度为 B 的匀强磁场中。由于磁场的运动,小球静止在图中位置,这时悬线与竖直方向夹角为 α,并被拉紧,则磁场的运动速度和方向可能是(　　)



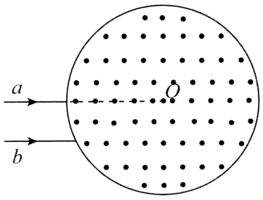
A. $v=\frac{mg}{Bq}$,水平向左

B. $v=\frac{mg\tan\alpha}{Bq}$,竖直向下

C. $v=\frac{mg\tan\alpha}{Bq}$,竖直向上

D. $v=\frac{mg}{Bq}$,水平向右

12. 如图所示,圆形有界匀强磁场方向垂直于纸面向外,磁感应强度的大小为 B,圆的半径为 R,a、b 两个完全相同的粒子以相同的速度水平向右射入磁场,a 粒子的速度方向延长线过圆形磁场的圆心 O,粒子的质量为 m,电荷量为 q,速度大小为 $v=\frac{qBR}{m}$,不计粒子的重力,则下列说法正确的是(　　)



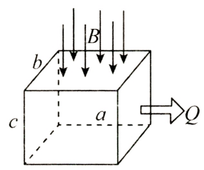
A. 两个粒子运动的轨迹半径为 R

B. a 粒子一定比 b 粒子在磁场中运动的时间长

C. 两个粒子一定在磁场边界的同一点射出磁场

D. 两个粒子在磁场中做圆周运动的圆心和 O 点一定在半径为 R 的同一个圆弧上

13. 随着社会生产的发展，环境污染也越来越严重。为了减少环境污染，技术人员在排污管末端安装了如图所示的流量计。该装置由绝缘材料制成，长、宽、高分别为 a、b、c，左右两端开口。在垂直于上下底面方向加磁感应强度为 B 的匀强磁场，在前后两个内侧面分别固定有金属板作为电极。污水充满管口从左向右流经该装置时，电压表将显示两个电极间的电压 U。若用 Q 表示污水流量(单位时间内排出的污水体积)，下列说法中错误的是(　　)



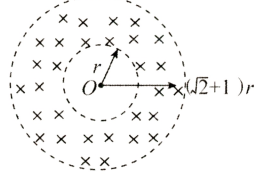
A. 若污水中正离子较多，则前表面比后表面电势高

B. 若污水中负离子较多，则前表面比后表面电势高

C. 污水中离子浓度越高，则电压表的示数将越大

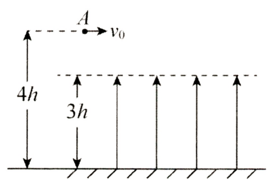
D. 污水流量 Q 与 U 成正比

14. 在一空心圆柱面内有一垂直于纸面的匀强磁场，磁感应强度为 B，其横截面如图所示，磁场边界为同心圆，内、外半径分别为 r 和 $(\sqrt{2}+1)r$。圆心处有一粒子源不断地沿半径方向射出质量为 m、电荷量为 q 的带电粒子，不计粒子重力。为使这些粒子不射出磁场外边界，粒子从圆心处射出时速度不能超过(　　)



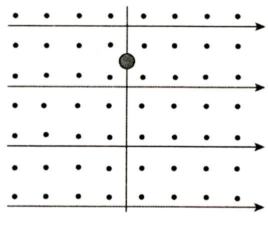
A. $\dfrac{qBr}{m}$　　B. $\dfrac{\sqrt{2}qBr}{m}$　　C. $\dfrac{(\sqrt{2}-1)qBr}{m}$　　D. $\dfrac{(\sqrt{2}+1)qBr}{m}$

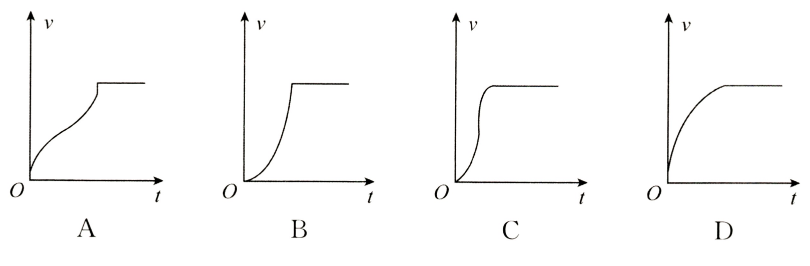
15. 如图所示，距水平地面高度为 $3h$ 处有一竖直向上的匀强磁场，磁感应强度大小为 B，从距地面 $4h$ 高处的 A 点以初速度 v_0 水平抛出一带电小球(可视作质点)，带电小球电荷量为 q，质量为 m，若 q、m、h、B 满足关系式 $\dfrac{5\pi m}{qB}=\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$，则小球落点与抛出点 A 的水平位移 s 是(　　)



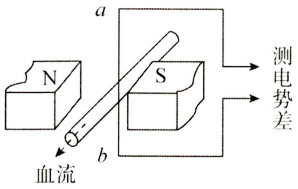
A. $v_0\sqrt{\dfrac{2h}{g}+\dfrac{m^2}{q^2B^2}}$　　B. $v_0\sqrt{\dfrac{2h}{g}+\dfrac{4m^2}{q^2B^2}}$　　C. $v_0\sqrt{\dfrac{4h}{g}+\dfrac{4m^2}{q^2B^2}}$　　D. $v_0\sqrt{\dfrac{2h}{g}+\dfrac{2m^2}{q^2B^2}}$

16. 如图所示，粗糙的足够长的竖直木杆上套有一个带电的小球，整个装置处在由水平匀强电场和垂直纸面向外的匀强磁场组成的足够大的复合场中，小球由静止开始下滑，在整个运动过程中小球的 $v-t$ 图象如图所示，其中正确的是(　　)





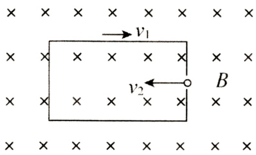
17. 医生做某些特殊手术时，利用电磁血流计来监测通过动脉的血流速度。电磁血流计由一对电极 a 和 b 以及一对磁极 N 和 S 构成，磁极间的磁场是均匀的。使用时，两电极 a、b 均与血管壁接触，两触点的连线、磁场方向和血流速度方向两两垂直，如图所示。由于血液中的正负离子随血流一起在磁场中运动，电极 a、b 之间会有微小电势差。在达到平衡时，血管内部的电场可看做是匀强电场，血液中的离子所受的电场力和磁场力的合力为零。在某次监测中，两触点间的距离为 3.0 mm，血管壁的厚度可忽略，两触点间的电势差为 160μV，磁感应强度的大小为 0.040T。则血流速度的近似值和电极 a、b 的正负为(　　)



A. 1.3 m/s，a 正、b 负　　B. 2.7 m/s，a 正、b 负

C. 1.3 m/s，a 负、b 正　　D. 2.7 m/s，a 负、b 正

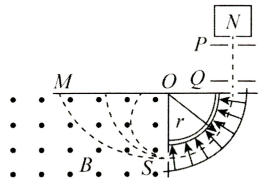
18. 用一金属窄片折成一矩形框架水平放置，框架右边上有一极小开口。匀强磁场的磁感应强度大小为 B，方向垂直于纸面向里，如图所示，框架以速度 v_1 向右匀速运动，一带电油滴质量为 m，电荷量为 q，以速度 v_2 从右边开口处水平向左射入，若油滴恰能在框架内做匀速圆周运动，则(　　)



A. 油滴带正电，且逆时针做匀速圆周运动　　B. 油滴带负电，且顺时针做匀速圆周运动

C. 圆周运动的半径一定等于$\frac{mv_1}{qB}$　　D. 油滴做圆周运动的周期等于$\frac{2\pi v_1}{g}$

19. 如图为某种质谱仪的工作原理示意图。此质谱仪由以下几部分构成：粒子源 N；P、Q 间的加速电场；静电分析器，即中心线半径为 r 的$\frac{1}{4}$圆形通道，通道内有均匀辐射电场，方向沿径向指向圆心 O，且与圆心 O 等距的各点电场强度大小相等；磁感应强度为 B 的有界匀强磁场，方向垂直纸面向外；胶片 M。由粒子源发出的不同带电粒子，经加速电场加速后进入静电分析器，某些粒子能沿中心线通过静电分析器并经小孔 S 垂直磁场边界进入磁场，最终打到胶片上的某点。粒子从粒子源发出时的初速度不同，不计粒子所受重力。下列说法正确的是(　　)



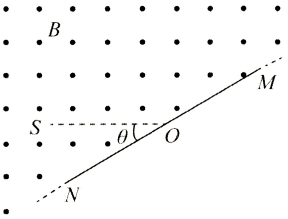
A. 从小孔 S 进入磁场的粒子速度大小一定相等

B. 从小孔 S 进入磁场的粒子动能一定相等

C. 打到胶片上同一点的粒子速度大小一定相等

D. 打到胶片上位置距离 O 点越远的粒子，比荷越大

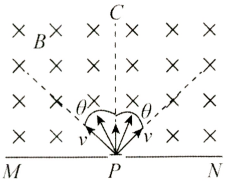
20. 如图所示，S 处有一电子源，可向纸面内任意方向发射电子，平板 MN 垂直于纸面，在纸面内的长度 $L=9.1$ cm，中点 O 与 S 间的距离 $d=4.55$ cm，MN 与 SO 直线的夹角为 θ，平板所在平面有电子源的一侧区域有方向垂直于纸面向外的匀强磁场，磁感应强度 $B=2.0\times10^{-4}$ T，电子质量 $m=9.1\times10^{-31}$ kg，电荷量 $e=-1.6\times10^{-19}$ C，不计电子重力。电子源发射速度 $v=1.6\times10^{6}$ m/s 的一个电子，该电子打在平板上可能位置的区域的长度为 l，则(　　)



A. $\theta=90°$时，$l=9.1$ cm　　B. $\theta=60°$时，$l=9.1$ cm

C. $\theta=45°$时，$l=4.55$ cm　　D. $\theta=30°$时，$l=4.55$ cm

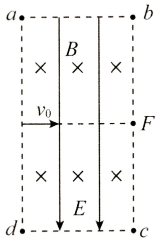
21. 如图所示，在屏 MN 的上方有磁感应强度为 B 的匀强磁场，磁场的方向垂直纸面向里。P 为屏上的一个小孔。PC 与 MN 垂直。一群质量为 m、带电荷量为 $-q$ 的粒子(不计重力)，以相同的速率 v，从 P 处沿垂直于磁场的方向射入磁场区域。粒子入射方向在与磁场 B 垂直的平面内，且散开在与 PC 夹角为 θ 的范围内，则在屏 MN 上被粒子打中区域的长度为(　　)



A. $\dfrac{2mv}{qB}$　　B. $\dfrac{2mv\cos\theta}{qB}$

C. $\dfrac{2mv(1-\cos\theta)}{qB}$　　D. $\dfrac{2mv(1-\sin\theta)}{qB}$

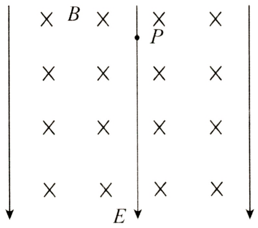
22. 如图所示，在长方形 $abcd$ 区域内有正交的电磁场，$ab=\dfrac{bc}{2}=L$，一带电粒子从 ad 的中点垂直于电场和磁场方向射入，恰沿直线从 bc 边的中点 P 射出，若撤去磁场，则粒子从 c 点射出；若撤去电场，则粒子将(重力不计)(　　)



A. 从 b 点射出　　B. 从 b、P 间某点射出

C. 从 a 点射出　　D. 从 a、b 间某点射出

23. 如图所示，空间存在相互垂直的匀强电场和匀强磁场，电场的方向竖直向下，磁场方向水平(图中垂直纸面向里)，一带电油滴 P 恰好处于静止状态，则下列说法正确的是(　　)



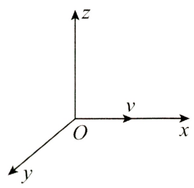
A. 若仅撤去电场，P 可能做匀加速直线运动

B. 若仅撤去磁场，P 可能做匀加速直线运动

C. 若给 P 一初速度，P 不可能做匀速直线运动

D. 若给 P 一初速度，P 可能做匀速圆周运动

24. 如图所示，在同时存在匀强电场和匀强磁场的空间中取正交坐标系 $O-xyz$，一质量为 m，电荷量为 q 的带正电粒子从原点 O 以速度 v 沿 x 轴正方向出发，下列说法错误的是(　　)



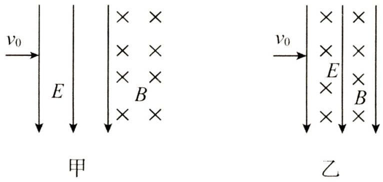
A. 若电场、磁场分别沿 z 轴正方向和 x 轴正方向，粒子只能做曲线运动

B. 若电场、磁场均沿 z 轴正方向，粒子有可能做匀速圆周运动

C. 若电场、磁场分别沿 z 轴负方向和 y 轴负方向，粒子有可能做匀速直线运动

D. 若电场、磁场分别沿 y 轴负方向和 z 轴正方向，粒子有可能做平抛运动

25. 如图甲所示，一带电粒子以水平速度 v_0($v_0<\dfrac{E}{B}$)先后进入方向互相垂直的匀强电场和匀强磁场区域，已知电场方向竖直向下，两个区域的宽度相同且紧邻在一起，在带电粒子穿过电场和磁场的过程中(其所受重力忽略不计)，电场和磁场对粒子所做的功为 W_1；若把电场和磁场正交重叠，如图乙所示，粒子仍以初速度 v_0 穿过重叠场区，在带电粒子穿过电场和磁场的过程中，电场和磁场对粒子所做的总功为 W_2，比较 W_1 和 W_2，则(　　)

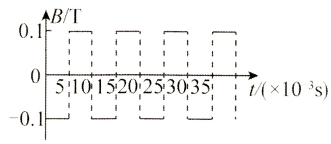


甲　　乙

A. 一定是 $W_1>W_2$　　B. 一定是 $W_1=W_2$

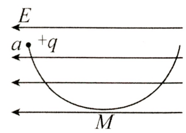
C. 一定是 $W_1<W_2$　　D. 可能是 $W_1<W_2$，也可能是 $W_1>W_2$

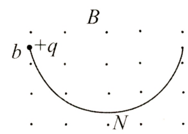
26. 空间存在垂直于纸面方向的均匀磁场，其方向随时间做周期性变化，磁感应强度 B 随时间 t 变化的图象如图所示。规定 $B>0$ 时，磁场的方向穿出纸面。一电荷量 $q=5\pi\times10^{-7}$ C、质量 $m=5\times10^{-10}$ kg 的带电粒子，位于某点 O 处，在 $t=0$ 时以初速度 $v_0=\pi$ m/s 沿某方向开始运动。不计重力的作用，不计磁场的变化可能产生的一切其他影响。则在磁场变化 N 个（N 为整数）周期的时间内带电粒子的平均速度的大小等于（　　）



A. π m/s　　B. $\frac{\pi}{2}$ m/s　　C. $2\sqrt{2}$ m/s　　D. 2 m/s

27. 如图所示，两个相同的半圆形光滑绝缘轨道分别竖直放置在匀强电场 E 和匀强磁场 B 中，轨道两端在同一高度上，两个相同的带正电小球 a、b 同时从轨道左端最高点由静止释放，且在运动过程中始终能通过各自轨道的最低点 M、N，则（　　）





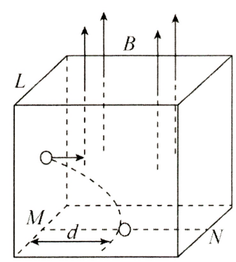
A. 两小球某次到达轨道最低点时的速度可能有 $v_N=v_M$

B. 两小球都能到达轨道的最右端

C. 小球 b 第一次到达 N 点的时刻与小球 a 第一次到达 M 点的时刻相同

D. 小球 a 受到的电场力一定不大于 a 的重力，小球 b 受到的最大洛伦兹力可能大于 b 的重力

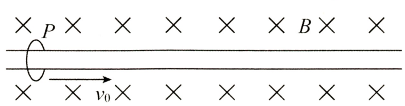
28. 如图所示，一正方体盒子处于竖直向上的匀强磁场中，盒子边长为 L，前后面为金属板，其余四面均为绝缘材料，在盒左面正中间和底面上各有一小孔（孔大小相对底面大小可忽略），底面小孔位置可在底面中线 MN 间移动，现有一些带 $-Q$ 电荷量的液滴从左侧小孔以某速度进入盒内，由于磁场力作用，这些液滴会偏向金属板，从而在前后两面间产生电压，（液滴落在底部绝缘面或右侧绝缘面时仍将向前后金属板运动，带电液滴到达金属板后将电量传给金属板后被引流出盒子），当电压达到稳定后，移动底部小孔位置，若液滴速度在某一范围内时，可使得液滴恰好能从底面小孔出去，现可根据底面小孔到 M 点的距离 d 计算出稳定电压的大小，若已知磁场磁感应强度为 B，则以下说法正确的是（　　）



A. 稳定后前金属板电势较低　　B. 稳定后液滴将做匀变速曲线运动

C. 稳定电压为 $U=Bd\sqrt{\frac{Lg}{2}}$　　D. 能计算出的最大稳定电压为 $BL\sqrt{Lg}$

29. 如图所示，质量为 m，带电荷量为 $+q$ 的 P 环套在固定的水平长直绝缘杆上，整个装置处在垂直于杆的水平匀强磁场中，磁感应强度大小为 B，现给环一向右的初速度 v_0 $\left(v_0>\frac{mg}{qB}\right)$，则（　　）



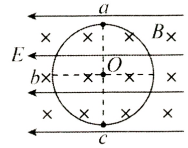
A. 环将向右减速，最后匀速

B. 环将向右减速，最后停止运动

C. 从环开始运动到最后达到稳定状态，损失的机械能是 $\frac{1}{2}mv_0^2$

D. 从环开始运动到最后达到稳定状态，损失的机械能是 $\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}m\left(\frac{mg}{qB}\right)^2$

30. 如图所示，空间存在水平向左的匀强电场和垂直纸面向里的匀强磁场，电场和磁场相互垂直。在电磁场区域中，有一个竖直放置的光滑绝缘圆环，环上套有一个带正电的小球。O 点为圆环的圆心，a、b、c 为圆环上的三个点，a 点为最高点，c 点为最低点，Ob 沿水平方向。已知小球所受电场力与重力大小相等。现将小球从环的顶端 a 点由静止释放。下列判断正确的是(　　)



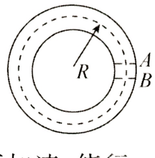
A. 当小球运动的弧长为圆周长的$\frac{3}{8}$时，洛伦兹力最大

B. 当小球运动的弧长为圆周长的$\frac{1}{2}$时，洛伦兹力最大

C. 小球从 a 点到 b 点，重力势能减小，电势能增大

D. 小球从 b 点运动到 c 点，电势能增大，动能先增大后减小

31. 如图所示为一种获得高能粒子的装置，环形区域内存在垂直纸面向外、大小可调节的均匀磁场，质量为 m，电荷量为 $+q$ 的粒子在环中做半径为 R 的圆周运动，A、B 为两块中心开有小孔的极板，原来电势都为零，每当粒子顺时针飞经 A 板时，A 板电势升高为 U，B 板电势仍保持为零，粒子在两板间电场中得到加速，每当粒子离开 B 板时，A 板电势又降为零，粒子在电场一次次加速下动能不断增大，而绕行半径不变，则(　　)



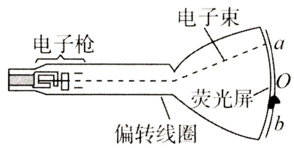
A. 粒子从 A 板小孔处由静止开始在电场作用下加速，绕行 n 圈后回到 A 板时获得的总动能为 $2nqU$

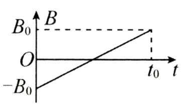
B. 在粒子绕行的整个过程中，A 板电势可以始终保持为 $+U$

C. 在粒子绕行的整个过程中，每一圈的周期不变

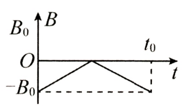
D. 为使粒子始终保持在半径为 R 的圆轨道上运动，磁场必须周期性递增，则粒子绕行第 n 圈时的磁感应强度为$\frac{1}{R}\sqrt{\frac{2nmU}{q}}$

32. 显像管原理的示意图如图所示，当没有磁场时，电子束将打在荧光屏正中的 O 点，安装在管径上的偏转线圈可以产生磁场，使电子束发生偏转。设垂直纸面向里的磁场方向为正方向，若使电子打在荧光屏上的位置由 a 点逐渐移动到 b 点，下列变化的磁场能够使电子发生上述偏转的是(　　)

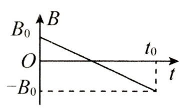




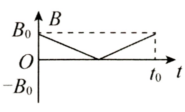
A



B

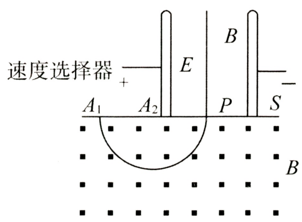


C



D

33. 如图所示为测定带电粒子比荷($\frac{q}{m}$)的装置，粒子以一定的初速度进入并沿直线通过速度选择器，速度选择器内有相互正交的匀强磁场和匀强电场，磁感应强度和电场强度分别为 B 和 E。然后粒子通过平板 S 上的狭缝 P，进入另一匀强磁场，最终打在能记录粒子位置的胶片 A_1A_2 上。下列表述正确的是(　　)



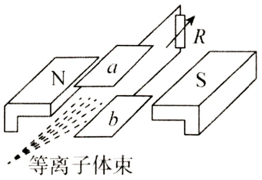
A. 速度选择器中的磁场方向垂直纸面向里

B. 能通过狭缝 P 的带电粒子的速率等于$\frac{E}{B}$

C. 粒子打在胶片上的位置越靠近狭缝 P，粒子的比荷越小

D. 粒子打在胶片上的位置越靠近狭缝 P，粒子的比荷越大

34. 磁流体发电是一项新兴技术，它可以把气体的内能直接转化为电能，如图是它的示意图。平行金属板 a、b 之间有一个很强的匀强磁场，磁感应强度为 B，将一束等离子体（即高温下电离的气体，含有大量正、负带电粒子）垂直于 B 的方向喷入磁场，每个离子的速度为 v，电荷量大小为 q，a、b 两板间距为 d，稳定时下列说法中正确的是（　　）



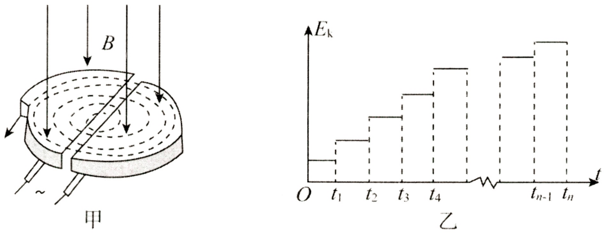
A. 图中 a 板是电源的正极

B. 图中 b 板是电源的正极

C. 电源的电动势为 Bvd

D. 电源的电动势为 Bvq

35. 图甲是用来加速带电粒子的回旋加速器的示意图，其核心部分是两个 D 形金属盒，在加速带电粒子时，两金属盒置于匀强磁场中，并分别与高频电源相连。带电粒子在运动中的动能 E_k 随时间 t 的变化规律如图乙所示。若忽略带电粒子在电场中的加速时间，则下列判断正确的是（　　）



A. 从 E_k-t 图可知，要想粒子获得的最大动能越大，则要求 D 形盒的面积也越大

B. 在 E_k-t 图中应有 $t_4-t_3=t_3-t_2=t_2-t_1$

C. 高频电源的变化周期应该等于 t_n-t_{n-1}

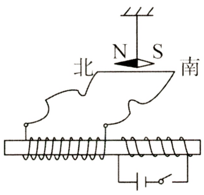
D. 从 E_k-t 图可知，粒子加速次数越多，粒子的最大动能一定越大

专题十　电磁感应

典例剖析

考点 1　楞次定律的应用

【例 1】如图，两个线圈绕在同一根铁芯上，其中一线圈通过开关与电源连接，另一线圈与远处沿南北方向水平放置在纸面内的直导线连接成回路。将一小磁针悬挂在直导线正上方，开关未闭合时小磁针处于静止状态。下列说法正确的是(　　)



A. 开关闭合后的瞬间，小磁针的 N 极朝垂直纸面向里的方向转动

B. 开关闭合并保持一段时间后，小磁针的 N 极指向垂直纸面向里的方向

C. 开关闭合并保持一段时间后，小磁针的 N 极指向垂直纸面向外的方向

D. 开关闭合并保持一段时间再断开后的瞬间，小磁针的 N 极朝垂直纸面向外的方向转动

解析

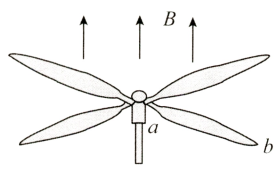
答案：AD

解析：由电路可知，开关闭合瞬间，右侧线圈环绕部分的电流向下，由安培定则可知，线圈在铁芯中产生向右的磁场，由楞次定律可知，左侧线圈环绕部分产生向上的电流，则直导线中的电流方向由南向北，由安培定则可知，直导线在小磁针所在位置产生垂直纸面向里的磁场，则小磁针的 N 极朝垂直纸面向里的方向转动，A 正确；开关闭合并保持一段时间后，穿过左侧线圈的磁通量不变，则左侧线圈中的感应电流为零，直导线不产生磁场，则小磁针静止不动，B、C 错误；开关闭合并保持一段时间再断开后的瞬间，穿过左侧线圈向右的磁通量减少，则由楞次定律可知，左侧线圈环绕部分产生向下的感应电流，则流过直导线的电流方向由北向南，直导线在小磁针所在处产生垂直纸面向外的磁场，则小磁针的 N 极朝垂直纸面向外的方向转动，D 正确。

感悟方法：楞次定律的应用可以归结为“增反减同”四个字，即如果原磁场的磁通量增加，那么感应电流的磁场方向与原磁场方向相反，如果原磁场的磁通量减少，那么感应电流的磁场方向与原磁场方向相同。

考点 2　右手定则的应用

【例 2】一直升飞机停在南半球的地磁极上空。该处地磁场的方向竖直向上，磁感应强度为 B。直升飞机螺旋桨叶片的长度为 l，螺旋桨转动的频率为 f，顺着地磁场的方向看螺旋桨，螺旋桨按顺时针方向转动。螺旋桨叶片的近轴端为 a，远轴端为 b，如图所示。如果忽略 a 到转轴中心线的距离，用 ε 表示每个叶片中的感应电动势，则(　　)



A. $\varepsilon=\pi fl^2B$，且 a 点电势低于 b 点电势

B. $\varepsilon=2\pi fl^2B$，且 a 点电势低于 b 点电势

C. $\varepsilon=\pi fl^2B$，且 a 点电势高于 b 点电势

D. $\varepsilon=2\pi fl^2B$，且 a 点电势高于 b 点电势

●解析

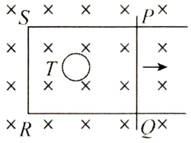
答案：A

解析：每个叶片都切割磁感线，根据右手定则，a 点电势低于 b 点电势，电动势为 $\varepsilon=\frac{1}{2}Blv=\frac{1}{2}Bl\times2\pi f\times l=\pi fl^2B$。

感悟方法：旋转切割产生的电动势 $E=\frac{1}{2}Blv$，方向用右手判断，四指的指向即电源内部的方向，电势由低到高。

考点 3　两次感应问题

【例 3】如图，在方向垂直于纸面向里的匀强磁场中有一 U 形金属导轨，导轨平面与磁场垂直。金属杆 PQ 置于导轨上并与导轨形成闭合回路 $PQRS$，一圆环形金属线框 T 位于回路围成的区域内，线框与导轨共面。现让金属杆 PQ 突然向右运动，在运动开始的瞬间，关于感应电流的方向，下列说法正确的是(　　)



A. $PQRS$ 中沿顺时针方向，T 中沿逆时针方向

B. $PQRS$ 中沿顺时针方向，T 中沿顺时针方向

C. $PQRS$ 中沿逆时针方向，T 中沿逆时针方向

D. $PQRS$ 中沿逆时针方向，T 中沿顺时针方向

●解析

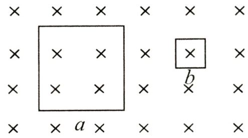
答案：D

解析：金属杆 PQ 向右切割磁感线，根据右手定则可知 $PQRS$ 中感应电流沿逆时针方向；原来 T 中的磁场方向垂直于纸面向里，金属杆 PQ 中的感应电流产生的磁场方向垂直于纸面向外，使得穿过 T 的磁通量减小，根据楞次定律可知 T 中产生顺时针方向的感应电流，综上所述，可知 A、B、C 项错误，D 项正确。

感悟方法：导体棒切割产生感应电流用右手定则判断即可，金属线框 T 中因为磁通量变化产生感应电流的方向用楞次定律判断。

考点 4　感生电路问题

【例 4】如图所示，a、b 两个闭合正方形线圈用同样的导线制成，匝数均为 10 匝，边长 $l_a=3l_b$，图示区域内有垂直纸面向里的匀强磁场，且磁感应强度随时间均匀增大，不考虑线圈之间的相互影响，则(　　)



A. 两线圈内产生顺时针方向的感应电流

B. a、b 线圈中感应电动势之比为 9∶1

C. a、b 线圈中感应电流之比为 3∶4

D. a、b 线圈中电功率之比为 3∶1

●解析

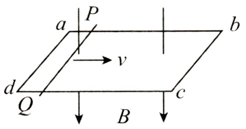
答案：B

解析：根据楞次定律可知，两线圈内均产生逆时针方向的感应电流，A 错误；因磁感应强度随时间均匀增大，则 $\frac{\Delta B}{\Delta t}=k$，由法拉第电磁感应定律可得 $E=n\frac{\Delta B}{\Delta t}$，则 $E\propto l^2$，所以 $\frac{E_a}{E_b}=\frac{9}{1}$，则 B 正确；根据 $I=\frac{n\frac{\Delta B}{\Delta t}l^2}{\rho\frac{4nl}{S'}}\propto l$，故 a、b 线圈中的感应电流之比为 3∶1，选项 C 错误；电功率 $P=IE$，则电功率之比为 27∶1，选项 D 错误。

感悟方法：感生电路问题的关键是求出感生电源的电动势 $E=n\frac{\Delta B}{\Delta t}S$。

考点 5　动生电路问题

【例 5】如图，由某种粗细均匀的总电阻为 $3R$ 的金属条制成的矩形线框 $abcd$，固定在水平面内且处于方向竖直向下的匀强磁场 B 中。一接入电路电阻为 R 的导体棒 PQ，在水平拉力作用下沿 ab、dc 以速度 v 匀速滑动，滑动过程 PQ 始终与 ab 垂直，且与线框接触良好，不计摩擦。在 PQ 从靠近 ad 处向 bc 滑动的过程中(　　)



A. PQ 中电流先增大后减小

B. PQ 两端电压先减小后增大

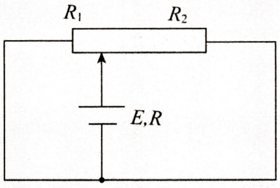
C. PQ 上拉力的功率先减小后增大

D. 线框消耗的电功率先减小后增大

● 解析

答案:C

解析:导体棒产生的电动势为 $E=BLv$，其等效电路如图所示，

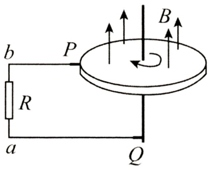


总电阻为 $R_{总}=R+\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}=R+\frac{R_1(3R-R_1)}{3R}$，在 PQ 从靠近 ad 处向 bc 滑动的过程中，总电阻先增大后减小，总电流先减小后增大，所以 A 项错误；PQ 两端电压为路端电压 $U=E-IR$，即先增大后减小，所以 B 项错误；拉力的功率等于克服安培力做功的功率，有 $P_{安}=IE$，先减小后增大，所以 C 项正确；根据功率曲线可知当外电阻 $\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}=\frac{3}{4}R$ 即 $R_1=R_2=\frac{3}{2}R$ 时输出功率最大，而外电阻先由小于 R 开始增加到 $\frac{3}{4}R$，再减小到小于 R 的某值，所以线框消耗的功率先增大后减小，所以 D 项错误。

感悟方法:求解动生电路问题的关键是求出导体棒产生的电动势 $E=BLv$。

考点 6　法拉第圆盘发电机

【例 6】法拉第圆盘发电机的示意图如图所示。铜圆盘安装在竖直的铜轴上，两铜片 P、Q 分别与圆盘的边缘和铜轴接触。圆盘处于方向竖直向上的匀强磁场 B 中。圆盘旋转时，关于流过电阻 R 的电流，下列说法正确的是(　　)



A. 若圆盘转动的角速度恒定，则电流大小恒定

B. 若从上向下看，圆盘顺时针转动，则电流沿 a 到 b 的方向流动

C. 若圆盘转动方向不变，角速度大小发生变化，则电流方向可能发生变化

D. 若圆盘转动的角速度变为原来的 2 倍，则电流在 R 上的热功率也变为原来的 2 倍

● 解析

答案：AB

解析：将圆盘看成无数辐条组成，它们都在切割磁感线从而产生感应电动势和感应电流，当圆盘顺时针（俯视）转动时，根据右手定则可知圆盘上感应电流从边缘流向中心，流过电阻的电流方向从 a 到 b，选项B正确；由法拉第电磁感应定律得感生电动势 $E=Blv=\frac{1}{2}Bl^2\omega$，$I=\frac{E}{R+r}$，$\omega$ 恒定时，I 大小恒定，ω 大小变化时，I 大小变化，方向不变，故选项A正确，C错误；由 $P=I^2R=\frac{B^2l^4\omega^2R}{4(R+r)^2}$ 知，当 ω 变为2倍时，P 变为原来的4倍，选项D错误。

感悟方法：将圆盘看成无数辐条组成，它们都在切割磁感线从而产生感应电动势，相当于无数个电源并联，并联后的电动势与一根辐条产生的电动势相同。

考点7　自感电路问题

【例7】图1和图2是教材中演示自感现象的两个电路图，L_1 和 L_2 为电感线圈。实验时，断开开关 S_1 瞬间，灯 A_1 突然闪亮，随后逐渐变暗；闭合开关 S_2，灯 A_2 逐渐变亮，而另一个相同的灯 A_3 立即变亮，最终 A_2 与 A_3 的亮度相同。下列说法正确的是（　　）

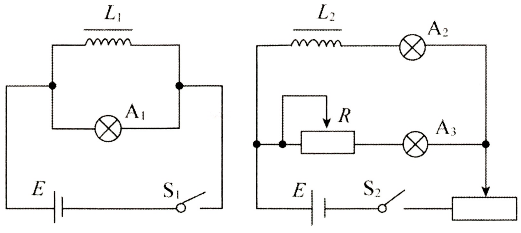


图1　　图2

A. 图1中，A_1 与 L_1 的电阻值相同

B. 图1中，闭合 S_1，电路稳定后，A_1 中电流大于 L_1 中电流

C. 图2中，变阻器 R 与 L_2 的电阻值相同

D. 图2中，闭合 S_2 瞬间，L_2 中电流与变阻器 R 中电流相等

● 解析

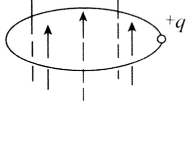
答案：C

解析：题图1中，稳定时通过 A_1 的电流记为 I_1，通过 L_1 的电流记为 I_L。S_1 断开瞬间，A_1 突然变亮，可知 $I_L>I_1$，因此 A_1 和 L_1 电阻不相等，所以A、B错误；题图2中，闭合 S_2 时，由于自感作用，通过 L_2 与 A_2 的电流 I_2 会逐渐增大，而通过 R 与 A_3 的电流 I_3 立即变大，因此电流不相等，所以D错误；由于最终 A_2 与 A_3 亮度相同，所以两支路电流 I 相同，根据部分电路欧姆定律，两支路电压 U 与电流 I 均相同，所以两支路电阻相同，由于 A_2、A_3 完全相同，故变阻器 R 与 L_2 的电阻值相同，所以C正确。

感悟方法：解决自感电路问题，关键是要弄清在电路突变瞬间时，自感线圈的"角色"！当电路突然接通时，自感线圈相当于一个"断路"状态，当电路突然断路时，自感线圈相当于一个电源，在这一瞬间前后，通过自感线圈的电流不变。

考点8　感生问题中的能量转化

【例8】英国物理学家麦克斯韦认为，磁场变化时会在空间激发感生电场，如图所示，一个半径为 r 的绝缘细圆环放置，环内存在竖直向上的匀强磁场，环上套一带电荷量为 $+q$ 的小球，已知磁感强度 B 随时间均匀增加，其变化率为 k，若小球在环上运动一周，则感生电场对小球的作用力所做功大小是（　　）



A. 0　　B. $\frac{1}{2}rqk$

C. $2\pi r^2qk$　　D. πr^2qk

解析

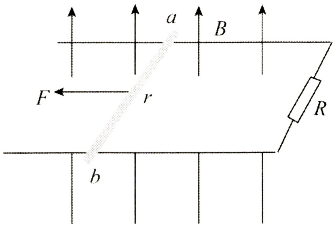
答案：D

解析：由法拉第电磁感应定律得感生电动势：$E=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\frac{\Delta B}{\Delta t}\pi r^2=k\pi r^2$，而电场力做功 $W=qU$，小球在环上运动一周 $U=E$，故 $W=\pi r^2 qk$。D 正确。

感悟方法：感生现象中，能量的转化情况是：磁场能转化为电场能，在本题中电场能再进一步通过电场力做功转化为小球的动能。

考点 9　动生问题中的能量转化

【例 9】如图所示，固定位置在同一水平面内的两根平行长直金属导轨的间距为 d，其右端接有阻值为 R 的电阻，整个装置处在竖直向上磁感应强度大小为 B 的匀强磁场中。一质量为 m(质量分布均匀)的导体杆 ab 垂直于导轨放置，且与两导轨保持良好接触，杆与导轨之间的动摩擦因数为 μ。现杆在水平向左、垂直于杆的恒力 F 作用下从静止开始沿导轨运动距离 l 时，速度恰好达到最大(运动过程中杆始终与导轨保持垂直)。设杆接入电路的电阻为 r，导轨电阻不计，重力加速度大小为 g。则此过程(　　)



A. 杆的速度最大值为$\frac{(F-\mu mg)R}{B^2d^2}$

B. 流过电阻 R 的电荷量为$\frac{Bdl}{R+r}$

C. 恒力 F 做的功与摩擦力做的功之和等于杆动能的变化量

D. 恒力 F 做的功与安培力做的功之和大于杆动能的变化量

解析

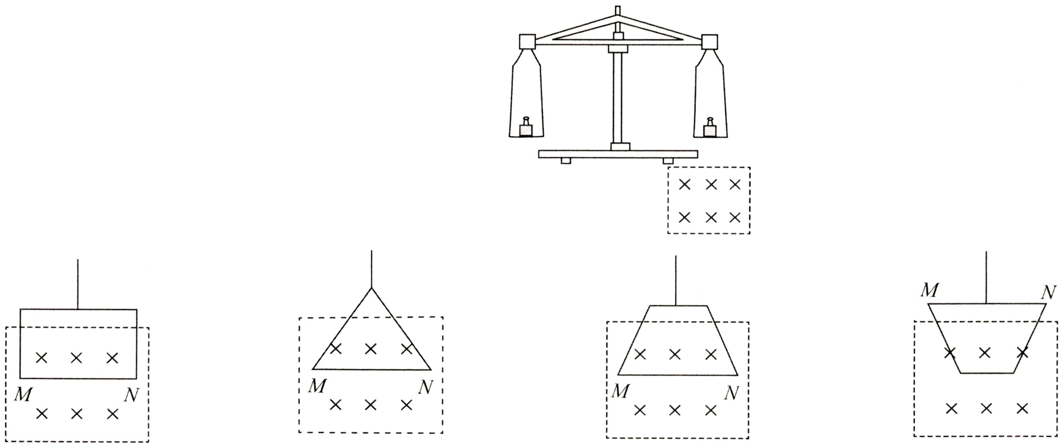
答案：BD

解析：当杆达到最大速度 v_m 时，$F-\mu mg-\frac{B^2d^2v_m}{R+r}=0$ 得 $v_m=\frac{(F-\mu mg)(R+r)}{B^2d^2}$，A 错；由公式 $q=\frac{\Delta\Phi}{R+r}=\frac{B\Delta S}{R+r}=\frac{Bdl}{R+r}$，B 对；在棒从开始到达到最大速度的过程中由动能定理有：$W_F+W_f+W_{安}=\Delta E_k$，其中 $W_f=-\mu mgl$，$W_{安}=-Q$，恒力 F 做的功与摩擦力做的功之和等于杆动能的变化量与回路产生的焦耳热之和，C 错；恒力 F 做的功与安培力做的功之和等于杆动能的变化量与克服摩擦力做的功之和，D 对。

感悟方法：动生问题中能量的转化情况是：机械能转化为电能，电能再转化为热能和其他能量。

考点 10　感生问题中的力学问题

【例 10】如图所示，用天平测量匀强磁场的磁感应强度，下列各选项所示的载流线圈匝数相同，边长 MN 相等，将它们分别挂在天平的右臂下方，线圈中通有大小相同的电流，天平处于平衡状态，若磁场发生微小变化，天平最容易失去平衡的是(　　)



解析

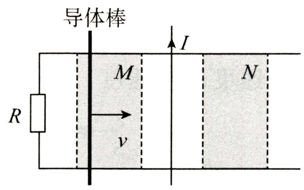
答案:A

解析:当磁场发生微小变化时,回路中产生感应电流,根据 $E=n\dfrac{\Delta B}{\Delta t}S$ 分析,回路 A 中产生的感应电动势最大,感应电流最大,线圈在磁场中的有效长度 L 也最长,由 $F=nBIL$ 可知,A 受到的安培力最大,最容易失去平衡,A 项正确。

感悟方法:因为磁通量变化,产生感应电流,磁场对电流又有安培力的作用。

考点 11　单棒问题中的力学问题

【例 11】如图,一端接有定值电阻的平行金属轨道固定在水平面内,通有恒定电流的长直绝缘导线垂直并紧靠轨道固定,导体棒与轨道垂直且接触良好。在向右匀速通过 M、N 两区的过程中,导体棒所受安培力分别用 F_M、F_N 表示。不计轨道电阻,以下叙述正确的是(　　)



A. F_M 向右　　B. F_N 向左

C. F_M 逐渐增大　　D. F_N 逐渐减小

解析

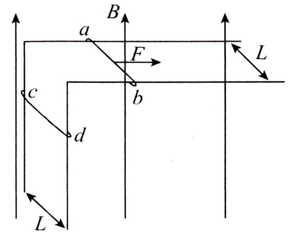
答案:BCD

解析:由安培定则可知,通电导线在 M、N 区产生的磁场方向分别为垂直纸面向外、垂直纸面向里,导体棒向右通过 M 区时,由右手定则可知产生的电流方向向下,由左手定则可知,F_M向左,同理可以判断,F_N 向左,越靠近通电导线磁场越强,导体棒匀速运动,由 $E=Blv$、$I=\dfrac{E}{R}$、$F=BIL$ 可知,F_M 逐渐增大,F_N 逐渐减小,正确选项为 B、C、D。

感悟方法:因为导体棒切割磁感线,产生感应电流,磁场对电流又有安培力的作用。

考点 12　双棒问题中的力学问题

【例 12】两根相距为 L 的足够长的金属直角导轨如图所示放置,它们各有一边在同一水平面内,另一边垂直于水平面。质量均为 m 的金属细杆 ab、cd 与导轨垂直接触形成闭合回路,杆与导轨之间的动摩擦因数为 μ,导轨电阻不计,回路总电阻为 $2R$。整个装置处于磁感应强度大小为 B,方向竖直向上的匀强磁场中。当 ab 杆在平行于水平导轨的拉力 F 作用下以速度 v_1 沿导轨匀速运动时,cd 杆也正好以速率 v_2 向下匀速运动。重力加速度为 g。以下说法正确的是(　　)



A. ab 杆所受拉力 F 的大小为 $\mu mg+\dfrac{B^2L^2v_1}{2R}$　　B. cd 杆所受摩擦力为零

C. 回路中的电流强度为$\dfrac{BL(v_1+v_2)}{2R}$　　D. μ 与 v_1 大小的关系为 $\mu=\dfrac{2Rmg}{B^2L^2v_1}$

● 解析

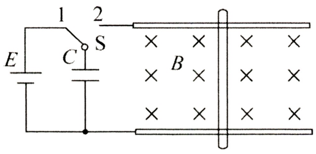
答案：AD

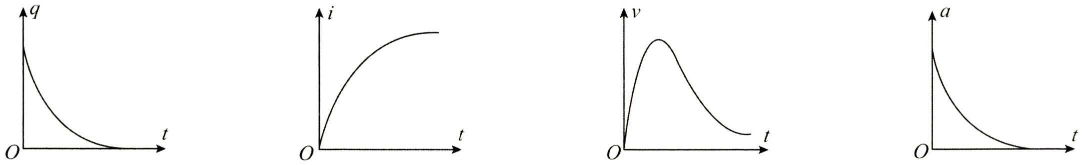
解析：由于 cd 不切割磁感线，故电路中的电动势为 BLv_1，电流为 $\frac{BLv_1}{2R}$，ab 杆匀速运动，所受合外力为零，即 $F-\mu mg-\frac{B^2L^2v_1}{2R}=0$，$F=\mu mg+\frac{B^2L^2v_1}{2R}$。$cd$ 杆匀速运动，所受合外力为零，即 $mg-\mu\frac{B^2L^2v_1}{2R}=0$，$\mu=\frac{2Rmg}{B^2L^2v_1}$。故应选 AD。

感悟方法：双棒问题往往是双电源问题，即两根棒都有切割磁感线现象，但本题中两根棒只有 ab 棒切割，cd 棒并不切割。

考点 13　电容器与电磁感应电路

【例 13】如图所示，水平面内有一平行金属导轨，导轨光滑且电阻不计，匀强磁场与导轨平面垂直。阻值为 R 的导体棒垂直于导轨静止放置，且与导轨接触良好。$t=0$ 时，将开关 S 由 1 掷到 2. q、i、v 和 a 分别表示电容器所带的电荷量、棒中的电流、棒的速度和加速度。下列图象正确的是(　　)





A　　　　B　　　　C　　　　D

● 解析

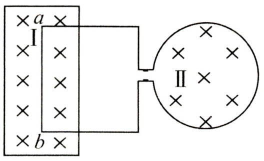
答案：D

解析：本题综合考查右手定则、安培力、电容器以及图象问题，意在考查学生的分析综合能力. 当开关 S 由 1 掷到 2 时，电容器开始放电，此时电流最大，棒受到的安培力最大，加速度最大，此后棒开始运动，产生感应电动势，棒相当于电源，利用右手定则可判断棒的上端为正极，下端为负极，与电容器的极性相同，当棒运动一段时间后，电路中的电流逐渐减小，当电容器电压与棒两端电动势相等时，电容器不再放电，电路电流等于零，棒做匀速运动，加速度减为零，所以 B、C 错误，D 正确；因电容器两极板间有电压，电荷量 $q=CU$ 不等于零，所以 A 错误。

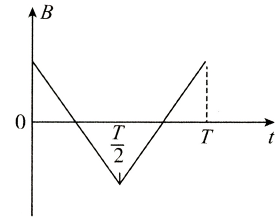
感悟方法：电容器上的电荷量逐渐减少，两端的电压逐渐减小，导体棒因为安培力的作用向右加速，电动势增大，当电容器电压与棒两端电动势相等时，电容器不再放电，电流为零，棒的速度达到最大值。

考点 14　感生问题中的图象

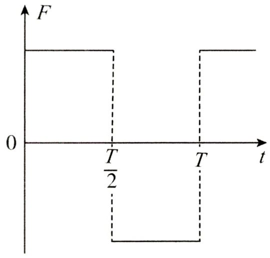
【例 14】将一段导线绕成如图甲所示的闭合回路，并固定在水平面(纸面)内，回路的 ab 边置于垂直纸面向里的匀强磁场Ⅰ中。回路的圆环区域内有垂直纸面的磁场Ⅱ，以向里为磁场Ⅱ的正方向，其磁感应强度 B 随时间 t 变化的图象如图乙所示。用 F 表示 ab 边受到的安培力，以水平向右为 F 的正方向，能正确反映 F 随时间 t 变化的图象是(　　)



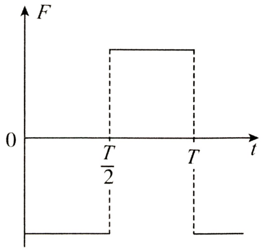
甲



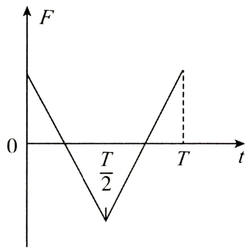
乙



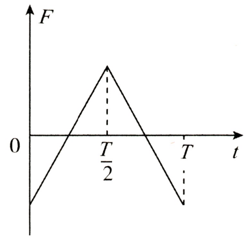
A



B



C



D

●解析

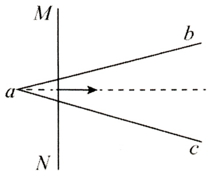
答案：B

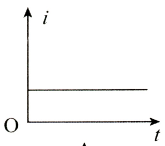
解析：$0\sim\frac{T}{2}$时间内，根据法拉第电磁感应定律及楞次定律可得回路的圆环形区域产生大小恒定的顺时针方向的感应电流，根据左手定则，ab 边在匀强磁场Ⅰ中受到水平向左的恒定的安培力；同理可得$\frac{T}{2}\sim T$ 时间内，ab 边在匀强磁场Ⅰ中受到水平向右的恒定的安培力，故 B 正确。

感悟方法：对于图象问题，一般有两种思路：以形助数和以数助形，本题从图象中获取每个阶段的数据，根据规律求出每个阶段的安培力，再选择符合的图象，这两个过程先是“以形助数”，然后是“以数助形”。

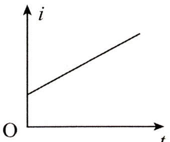
考点 15　动生问题中的图象

【例 15】如图所示，在水平面(纸面)内有三根相同的均匀金属棒 ab、ac 和 MN，其中 ab、ac 在 a 点接触，构成“V”字形导轨。空间存在垂直于纸面的均匀磁场。用力使 MN 向右匀速运动，从图示位置开始计时，运动中 MN 始终与$\angle bac$ 的平分线垂直且和导轨保持良好接触。下列关于回路中电流 i 与时间 t 的关系图线，可能正确的是(　　)

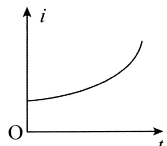




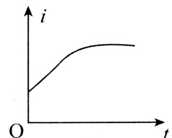
A



B



C



D

解析

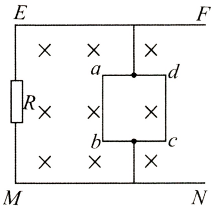
答案：A

解析：设金属棒 MN 向右匀速运动的速度为 v，金属棒电阻率为 ρ，金属棒截面积为 S，$\angle bac=2\theta$。设 MN 从 a 点开始运动，在 t 时刻 MN 产生的感应电动势为：$E=2Bv^2t\tan\theta$，回路中电阻为 $R=\rho\dfrac{\dfrac{2vt}{\cos\theta}+2vt\tan\theta}{S}$，由 $I=\dfrac{E}{R}$ 可得：$I=\dfrac{BvS\sin\theta}{\rho(1+\sin\theta)}$，故选项 A 正确。

感悟方法：根据物理现象，运用物理规律写出函数式，然后再将函数式转化为图象，是典型的“以数助形”的方法。

过关演练

1. 如图所示，矩形线框 $abcd$ 通过导体杆搭接在金属导轨 EF 和 MN 上，整个装置放在如图所示的匀强磁场中。当线框向右运动时，下面说法正确的是（　　）



A. R 中无电流　　B. R 中有电流，方向为 $E\to M$

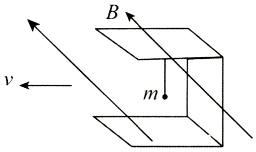
C. ab 中无电流　　D. ab 中有电流，方向为 $a\to b$

2. 某地的地磁场磁感应强度的竖直分量方向向下，大小为 4.5×10^{-5} T。一灵敏电压表连接在当地入海河段的两岸，河宽 100 m，该河段涨潮和落潮时有海水（视为导体）流过。设落潮时，海水自西向东流，流速为 2 m/s。下列说法正确的是（　　）

A. 电压表记录的电压为 5 mV　　B. 电压表记录的电压为 9 mV

C. 河南岸的电势较高　　D. 河北岸的电势较高

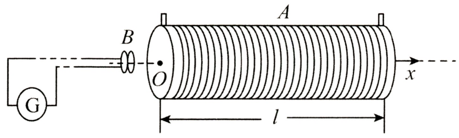
3. 如图所示，有一用铝板制成的 U 形框，将一质量为 m 的带电小球用绝缘细线悬挂在框中，使整体在匀强磁场中沿垂直于磁场方向向左以速度 v 匀速运动，悬挂拉力为 F_T，则（　　）

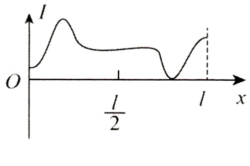


A. 悬线竖直，$F_T=mg$　　B. 悬线竖直，$F_T>mg$

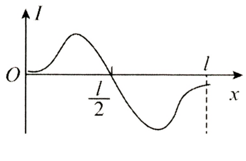
C. 悬线竖直，$F_T<mg$　　D. 无法确定 F_T 的大小和方向

4. 如图所示，A 是长直密绕通电螺线管，小线圈 B 与电流表连接，并沿 A 的轴线 Ox 从 O 点自左向右匀速穿过螺线管 A。能正确反映通过电流表中电流 I 随 x 变化规律的是（　　）

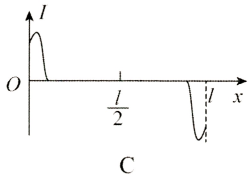




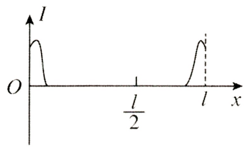
A



B

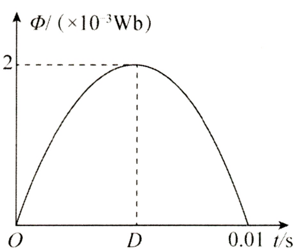


C



D

5. 单匝矩形线圈在磁场中匀速转动，转轴垂直于磁场，若线圈所围面积里磁通量随时间变化的规律如图所示，由 $O \sim D$ 过程中(　　)



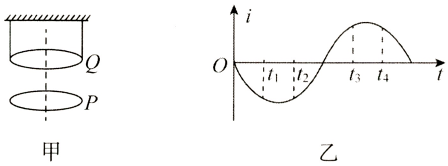
A. 线圈中 O 时刻感应电动势最大

B. 线圈中 D 时刻感应电动势为零

C. 线圈中 D 时刻感应电动势最大

D. 线圈中 O 至 D 时刻内平均感应电动势为 0.40V

6. 如图甲所示，圆形线圈 P 静止在水平桌面上，其正上方悬挂一相同的线圈 Q，P 和 Q 共轴，Q 中通有变化的电流，电流变化的规律如图乙所示，P 所受的重力为 G，桌面对 P 的支持力为 N，则(　　)



A. t_1 时刻，$N>G$　　B. t_2 时刻，$N>G$　　C. t_3 时刻，$N<G$　　D. t_4 时刻，$N<G$

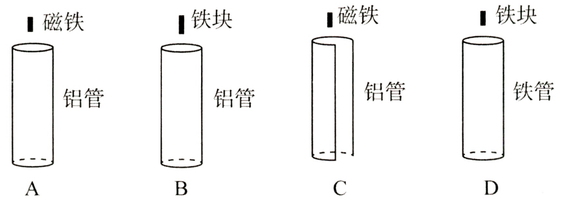
7. 如图所示，四根等长的铝管和铁块(其中 C 中铝管不闭合，其他两根铝管和铁管均闭合)竖直放置在同一竖直平面内，分别将磁铁和铁块沿管的中心轴线从管的上端由静止释放，忽略空气阻力，则下列关于磁铁和铁块穿过管的运动时间的说法正确的是(　　)

A. $t_A > t_B = t_C = t_D$

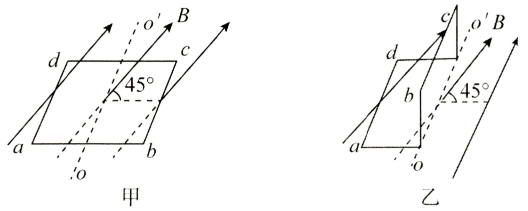
B. $t_C = t_A = t_B = t_D$

C. $t_C > t_A = t_B = t_D$

D. $t_C = t_A > t_B = t_D$

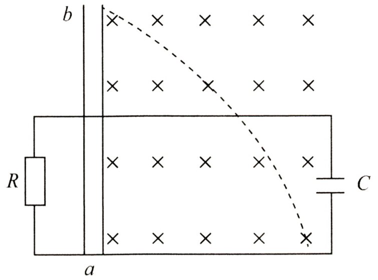


8. 如图甲所示，一个电阻为 R，面积为 S 的矩形导线框 $abcd$，水平旋转在匀强磁场中，磁场的磁感应强度为 B，方向与 ad 边垂直并与线框平面成 45°角，o、o' 分别是 ab 和 cd 边的中点。现将线框右半边 $obco'$ 绕 oo' 逆时针 90°到图乙所示位置。在这一过程中，导线中通过的电荷量是(　　)



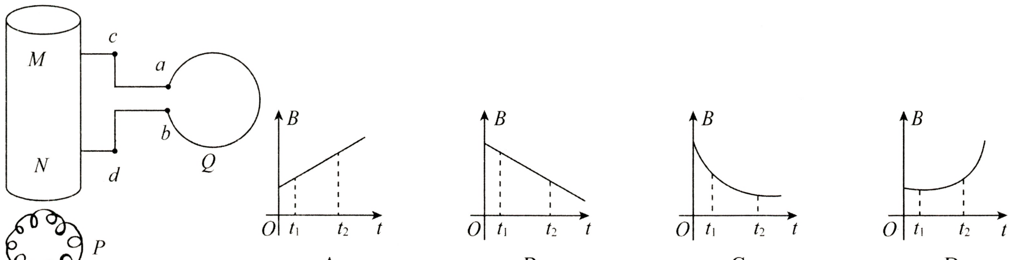
A. $\frac{\sqrt{2}BS}{2R}$　　B. $\frac{\sqrt{2}BS}{R}$　　C. $\frac{BS}{R}$　　D. 0

9. 如图所示，平行导轨置于磁感应强度为 B 的匀强磁场中(方向垂直纸面向里)，间距为 L，左端电阻为 R，其余电阻不计，导轨右端接一电容为 C 的电容器。现有一长 $2L$ 的金属棒 ab 放在导轨上，ab 以 a 为轴顺时针以 ω 转过 90°的过程中，通过 R 的电荷量为(　　)



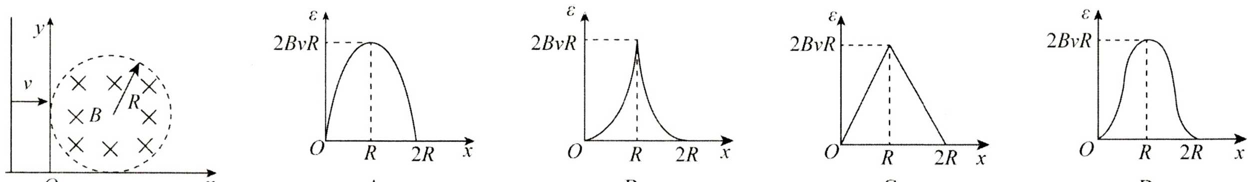
A. $Q=\frac{\sqrt{3}BL^2}{2R}$　　B. $Q=2BL^2\omega C$　　C. $Q=\frac{BL^2}{R}$　　D. $Q=BL^2\left(\frac{\sqrt{3}}{2R}+2\omega C\right)$

10. 如图所示，Q是单匝金属线圈，MN是一个螺线管，它的绕线方法没有画出，Q的输出端a、b和MN的输入端c、d之间用导线相连，P是在MN的正下方水平放置的用细导线绕制的软弹簧线圈。若在Q所处的空间加上与环面垂直的变化磁场，发现在t_1至t_2时间段内弹簧线圈处于收缩状态，则所加磁场的磁感应强度的变化情况可能是(　　)



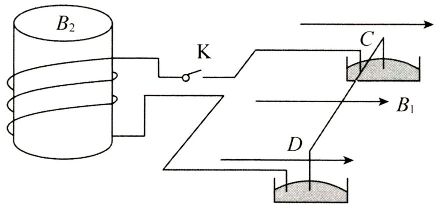
A　　　B　　　C　　　D

11. 如图所示，平行于y轴的导体棒以速度v向右匀速直线运动，经过半径为R、磁感应强度为B的圆形匀强磁场区域，导体棒中的感应电动势ε与导体棒位置x关系的图象是(　　)

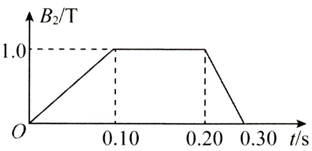


A　　　B　　　C　　　D

12. 如图甲所示，质量$m=3.0\times10^{-3}$ kg的"⊓"形金属细框竖直放置在两水银槽中，"⊓"形框的水平细杆CD长$l=0.20$ m，处于磁感应强度大小$B_1=1.0$T、方向水平向右的匀强磁场中。有一匝数$n=300$匝、面积$S=0.01$ m^2的线圈通过开关K与两水银槽相连。线圈处于与线圈平面垂直、沿竖直方向的匀强磁场中，其磁感应强度B_2随时间t变化的关系如图乙所示。$t=0.22$ s时闭合开关K瞬间细框跳起(细框跳起瞬间安培力远大于重力)，跳起的最大高度$h=0.20$ m。不计空气阻力，重力加速度$g=10$ m/s²，下列说法正确的是(　　)



甲



乙

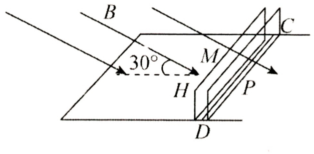
A. 0～0.10 s内线圈中的感应电动势大小为3V

B. 开关K闭合瞬间，CD中的电流方向由C到D

C. 磁感应强度B_2的方向竖直向下

D. 开关K闭合瞬间，通过细杆CD的电荷量为0.03C

13. 如图所示，不计电阻的光滑U形金属框水平放置，光滑竖直玻璃挡板H、P固定在框上，H、P的间距很小。质量为0.2 kg的细金属杆CD恰好无挤压地放在两挡板之间，与金属框接触良好并围成边长为1 m的正方形，其有效电阻为0.1Ω。此时在整个空间加方向与水平面成30°角且与金属杆垂直的匀强磁场，磁感应强度随时间变化规律是$B=(0.4-0.2t)$T，图示磁场方向为正方向。框、挡板和杆不计形变。则(　　)



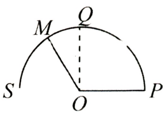
A. $t=1$ s时，金属杆中感应电流方向从C至D

B. $t=3$ s时，金属杆中感应电流方向从D至C

C. $t=1$ s时，金属杆对挡板P的压力大小为0.1N

D. $t=3$ s时，金属杆对挡板H的压力大小为1.2N

14. 如图，导体轨道 $OPQS$ 固定，其中 PQS 是半圆弧，Q 为半圆弧的中点，O 为圆心。轨道的电阻忽略不计。OM 是有一定电阻、可绕 O 转动的金属杆。M 端位于 PQS 上，OM 与轨道接触良好。空间存在与半圆所在平面垂直的匀强磁场，磁感应强度的大小为 B，现使 OM 从 OQ 位置以恒定的角速度逆时针转到 OS 位置并固定（过程Ⅰ）；再使磁感应强度的大小以一定的变化率从 B 增加到 B'（过程Ⅱ）。在过程Ⅰ、Ⅱ中，流过 OM 的电荷量相等，则 $\frac{B'}{B}$ 等于（　　）



A. $\frac{5}{4}$　　B. $\frac{3}{2}$　　C. $\frac{7}{4}$　　D. 2

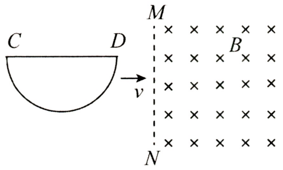
15. 如图所示，一导线弯成半径为 a 的半圆形闭合回路。虚线 MN 右侧有磁感应强度为 B 的匀强磁场，方向垂直于回路所在的平面。回路以速度 v 向右匀速进入磁场，直径 CD 始终与 MN 垂直，从 D 点到达边界开始到 C 点进入磁场为止，下列结论正确的是（　　）

A. 感应电流方向不变

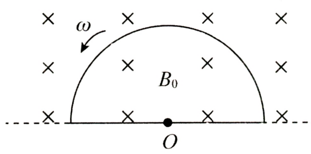
B. CD 段直导线始终不受安培力

C. 感应电动势最大值 $E_m = Bav$

D. 感应电动势平均值 $E = \frac{1}{4}\pi Bav$

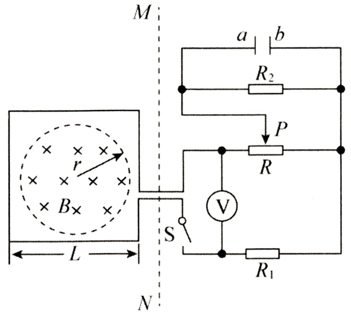


16. 如图，均匀磁场中有一由半圆弧及其直径构成的导线框，半圆直径与磁场边缘重合；磁场方向垂直于半圆面（纸面）向里，磁感应强度大小为 B_0，使该线框从静止开始绕过圆心 O、垂直于半圆面的轴以角速度 ω 匀速转动半周，在线框中产生感应电流。现使线框保持图中所示位置，磁感应强度大小随时间线性变化。为了产生与线框转动半周过程中同样大小的电流，磁感应强度随时间的变化率 $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ 的大小应为（　　）



A. $\frac{4\omega B_0}{\pi}$　　B. $\frac{2\omega B_0}{\pi}$　　C. $\frac{\omega B_0}{\pi}$　　D. $\frac{\omega B_0}{2\pi}$

17. 如图所示，边长为 L、不可形变的正方形导线框内有半径为 r 的圆形磁场区域，其磁感应强度 B 随时间 t 的变化关系为 $B = kt$（常量 $k > 0$）。回路中滑动变阻器 R 的最大阻值为 R_0，滑动片 P 位于滑动变阻器中央，定值电阻 $R_1 = R_0$、$R_2 = \frac{R_0}{2}$。闭合开关 S，电压表的示数为 U，不考虑虚线 MN 右侧导体的感应电动势，则（　　）



A. R_2 两端的电压为 $\frac{U}{7}$

B. 电容器的 a 极板带正电

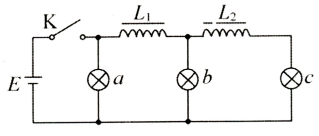
C. 滑动变阻器 R 的热功率为电阻 R_2 的 5 倍

D. 正方形导线框中的感应电动势为 kL^2

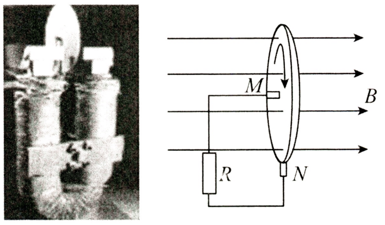
18. 如图所示的电路中，三个相同的灯泡 a、b、c 和电感 L_1、L_2 与直流电源连接，电感的电阻忽略不计。开关 K 从闭合状态突然断开时，下列判断正确的有（　　）

A. a 先变亮，然后逐渐变暗　　B. b 先变亮，然后逐渐变暗

C. c 先变亮，然后逐渐变暗　　D. b、c 都逐渐变暗



19. 图甲是法拉第于1831年发明的人类历史上第一台发电机——圆盘发电机。图乙为其示意图，铜盘安装在水平的铜轴上，磁感线垂直穿过铜盘；两块铜片 M、N 分别与铜轴和铜盘边缘接触，匀速转动铜盘，电阻 R 中就有电流通过。则下列说法正确的是(　　)



甲　　　　乙

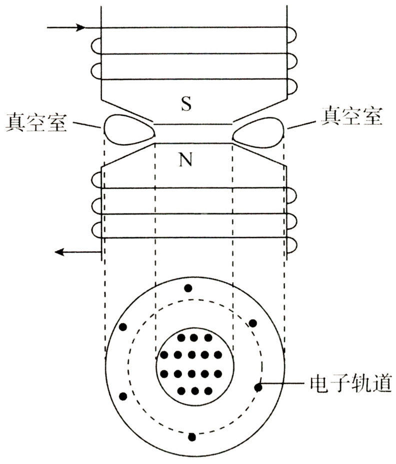
A. 回路中恒定电流的大小与铜盘转速无关

B. 回路中有大小和方向都做周期性变化的涡流

C. 回路中电流方向不变，从 M 经导线流进电阻 R，再从 N 流向铜盘

D. 铜盘绕铜轴转动时，沿半径方向上的金属"条"切割磁感线，产生电动势

20. 现代科学研究中常用到高速电子，电子感应加速器就是利用感生电场加速电子的设备。电子感应加速器主要有上、下电磁铁磁极和环形真空室组成。当电磁铁绕组通以变化的电流时，产生变化的磁场，穿过真空盒所包围的区域内的磁通量也随时间变化，这时真空盒空间内就产生感应涡旋电场，电子将在涡旋电场作用下得到加速。如图所示(上图为侧视图、下图为真空室的俯视图)，若电子被"约束"在半径为 R 的圆周上运动，当电磁铁绕组通有图中所示的电流时(　　)



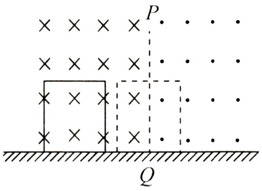
A. 电子在轨道上逆时针运动

B. 保持电流的方向不变，当电流增大时，电子将加速

C. 保持电流的方向不变，当电流减小时，电子将加速

D. 被加速时电子做圆周运动的周期不变

21. 在光滑的水平面上方，有两个磁感应强度大小均为 B，方向相反的水平匀强磁场，如图所示。PQ 为两个磁场的边界，磁场范围足够大。一个边长为 a、质量为 m、电阻为 R 的金属正方形线框，以速度 v 垂直磁场方向从如图所示实线位置开始向右运动，当线框运动到分别有一半面积在两个磁场中时，线框的速度为 $\frac{v}{2}$，则下列说法正确的是(　　)



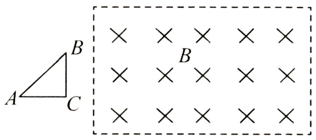
A. 此过程中通过线框截面的电荷量为 $\frac{2Ba^2}{R}$

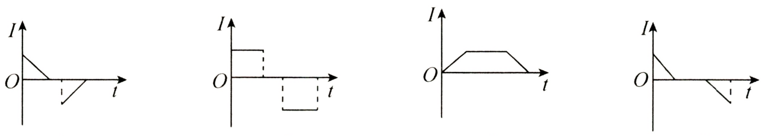
B. 此时线框的加速度为 $\frac{B^2a^2v}{2mR}$

C. 此过程中回路产生的电能为 $\frac{3}{8}mv^2$

D. 此时线框中的电功率为 $\frac{B^2a^2v^2}{R}$

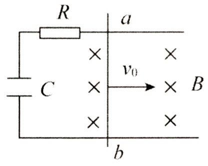
22. 如图所示，一闭合直角三角形线框以速度 v 匀速穿过匀强磁场区域。从 BC 边进入磁场区开始计时时，到 A 点离开磁场区为止的过程中，线框内感应电流的情况(以逆时针方向为电流的正方向)是图中的(　　)



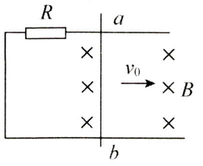


A　　B　　C　　D

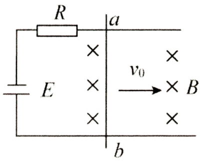
23. 在甲、乙、丙三图中，除导体棒 ab 可动外，其余部分均固定不动，甲图中的电容器 C 原来不带电，设导体棒、导轨和直流电源的电阻均可忽略，导体棒和导轨间的摩擦也不计。图中装置均在水平面内，且都处于方向垂直水平面（即纸面）向下的匀强磁场中，导轨足够长。今给导体棒 ab 一个向右的初速度，在甲、乙、丙三种情况下导体棒 ab 的最终运动状态是（　　）



甲



乙



丙

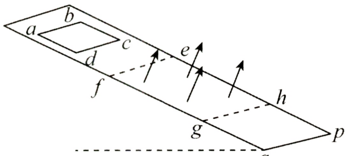
A. 三种情形下导体棒 ab 最终均做匀速运动

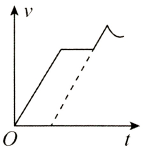
B. 甲、丙中，ab 棒最终将以不同的速度做匀速运动，乙中 ab 棒最终静止

C. 甲、丙中，ab 棒最终将以相同的速度做匀速运动，乙中 ab 棒最终静止

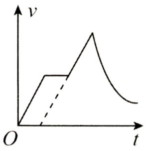
D. 三种情形下导体棒 ab 最终均静止

24. 如图所示，在光滑绝缘斜面上放置一矩形铝框 $abcd$，铝框的质量为 m、电阻为 R，斜面上 ef 线与 gh 线间有垂直斜面向上的匀强磁场，$ef\parallel gh\parallel pq\parallel ab$，$eh>bc$。如果铝框从磁场上方的某一位置由静止开始运动，则从铝框开始运动到 ab 边到达 gh 线之前的速度（v）—时间（t）图象可能正确的有（　　）

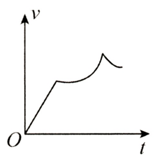




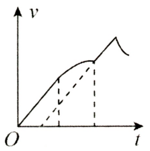
A



B

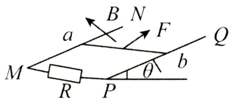


C

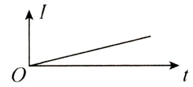


D

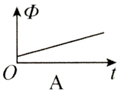
25. 如图甲所示，光滑平行金属导轨 MN、PQ 所在平面与水平面成 θ 角，M、P 两端接一阻值为 R 的定值电阻，阻值为 r 的金属棒 ab 垂直导轨放置，其他部分电阻不计。整个装置处在磁感应强度为 B 的匀强磁场中，磁场方向垂直导轨平面向上。$t=0$ 时对金属棒施一平行于导轨的外力 F，金属棒由静止开始沿导轨向上运动，通过 R 的感应电流随时间 t 变化的关系如图乙所示。下列关于穿过回路 $abPMa$ 的磁通量 Φ 和磁通量的瞬时变化率 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 以及 a、b 两端的电势差 U_{ab} 和通过金属棒的电荷量 q 随时间 t 变化的图象中，正确的是（　　）



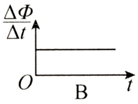
甲



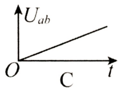
乙



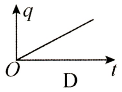
A



B

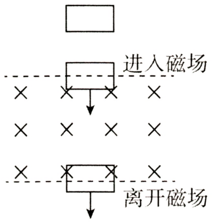


C



D

26. 一个刚性矩形铜制线圈从高处自由下落，进入一水平的匀强磁场区域，然后穿出磁场区域继续下落，如图所示，则（　　）



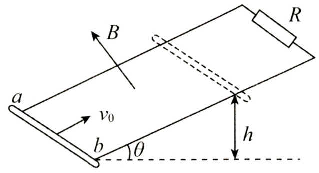
A. 若线圈进入磁场过程是匀速运动，则离开磁场过程一定是匀速运动

B. 若线圈进入磁场过程是加速运动，则离开磁场过程一定是加速运动

C. 若线圈进入磁场过程是减速运动，则离开磁场过程一定是减速运动

D. 若线圈进入磁场过程是减速运动，则离开磁场过程一定是加速运动

27. 如图所示，光滑平行金属轨道平面与水平面成θ角，两轨道上端用一电阻R相连，该装置处于匀强磁场中，磁场方向垂直轨道平面向上，质量为m的金属杆ab，以初速度v_0从轨道底端向上滑行，滑行到某一高度h后又返回到底端。若运动过程中，金属杆始终保持与导轨垂直且接触良好，且轨道与金属杆的电阻均忽略不计，则下列说法不正确的是（　　）



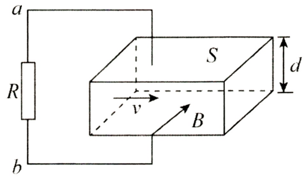
A. 整个过程电路中产生的电能等于始末状态动能的减少量

B. 上滑到最高点的过程中克服安培力与重力所做功之和等于$\frac{1}{2}mv_0^2$

C. 上滑到最高点的过程中电阻R上产生的焦耳热等于$\frac{1}{2}mv_0^2-mgh$

D. 金属杆两次通过斜面上的同一位置时电阻R的热功率相同

28. 如图所示，长方体发电导管的前后两个侧面是绝缘体，上下两个侧面是电阻可忽略的导体电极，两极间距为d，极板面积为S，这两个电极与定值电阻R相连。在垂直前后侧面的方向上，有一匀强磁场，磁感应强度大小为B，发电导管内有电阻率为ρ的高温电离气体，气体以速度v向右流动，并通过专用管道导出。由于运动的电离气体受到磁场的作用，将产生大小不变的电动势。下列说法中正确的是（　　）



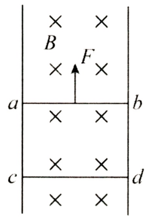
A. 发电导管的内阻$r=\rho\frac{d}{S}$

B. 流过电阻R的电流方向为$b\to a$

C. 发电导管产生的电动势为Bdv

D. 电阻R消耗的电功率为$\frac{B^2d^2v^2}{R}$

29. 如图所示，竖直平面内有平行放置的光滑导轨，导轨间距为$l=0.2$ m，电阻不计，导轨间有水平方向的匀强磁场，磁感应强度大小为$B=2$T，方向如图所示，有两根质量均为$m=0.1$ kg，长度均为$l=0.2$ m，电阻均为$R=0.4\Omega$的导体棒ab和cd与导轨接触良好，当用竖直向上的力F使ab棒向上做匀速运动时，cd棒刚好能静止不动，则下列说法正确的是（g取10 m/s^2）（　　）



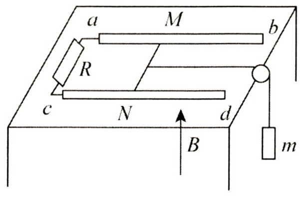
A. ab棒运动的速度是2.5 m/s

B. 力F的大小为1N

C. 在1 s内，力F做的功为5J

D. 在1 s内，cd棒产生的电热为2.5J

30. 如图所示，在水平桌面上放置两条相距l的平行粗糙且无限长的金属导轨ab与cd，阻值为R的电阻与导轨的a、c端相连。金属滑杆MN垂直于导轨并可在导轨上滑动，且与导轨始终接触良好。整个装置处于匀强磁场中，磁场的方向竖直向上，磁感应强度的大小为B，滑杆与导轨电阻不计，滑杆的中点系一根不可伸长的轻绳，绳绕过固定在桌边的光滑轻滑轮后，与一质量为m的物块相连，拉滑杆的绳处于水平拉直状态。现若由静止开始释放物块，用I表示稳定后回路中的感应电流，g表示重力加速度，设滑杆在运动中所受的摩擦阻力恒为F_f，则在物块下落过程中（　　）



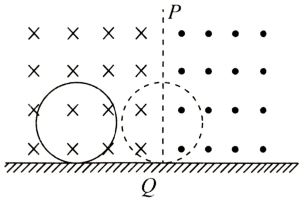
A. 物块的最终速度为$\frac{(mg-F_f)R}{B^2l^2}$

B. 物块的最终速度为$\frac{I^2R}{mg-F_f}$

C. 稳定后物块重力的功率为I^2R

D. 物块重力的最大功率可能大于$mg\frac{mg-F_f}{B^2l^2}R$

31. 在光滑的水平地面上方，有两个磁感应强度大小均为 B，方向相反的水平匀强磁场，如图所示，PQ 为两个磁场的边界，磁场范围足够大。一个半径为 d，质量为 m，电阻为 R 的金属圆环垂直磁场方向，以速度 v 从如图位置运动，当圆环运动到直径刚好与边界线 PQ 重合时，圆环的速度为 $\frac{v}{2}$，则下列说法正确的是(　　)



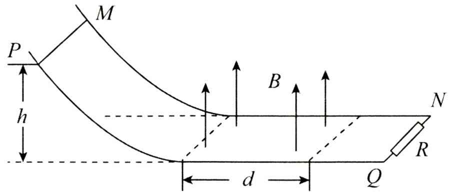
A. 此时圆环中的电功率为 $\frac{4B^2d^2v^2}{R}$

B. 此时圆环的加速度为 $\frac{4B^2d^2v}{mR}$

C. 此过程中通过圆环截面的电荷量为 $\frac{\pi Bd^2}{R}$

D. 此过程中回路产生的电能为 $0.75mv^2$

32. 如图，MN 和 PQ 是电阻不计的平行金属导轨，其间距为 L，导轨弯曲部分光滑，平直部分粗糙，右端接一个阻值为 R 的定值电阻。平直部分导轨左边区域有宽度为 d、方向竖直向上、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场。质量为 m、电阻也为 R 的金属棒从高度为 h 处由静止释放，到达磁场右边界处恰好停止。已知金属棒与平直部分导轨间的动摩擦因数为 μ，金属棒与导轨间接触良好。则金属棒穿过磁场区域的过程中(　　)



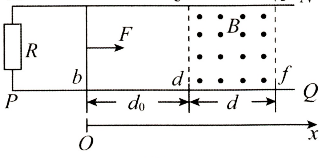
A. 流过金属棒的最大电流为 $\frac{Bd\sqrt{2gh}}{2R}$

B. 通过金属棒的电荷量为 $\frac{BdL}{R}$

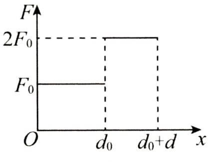
C. 克服安培力所做的功为 mgh

D. 金属棒产生的焦耳热为 $\frac{1}{2}mg(h-\mu d)$

33. 如图甲所示，光滑的平行水平金属导轨 MN、PQ 相距 L，在 MP 之间接一个阻值为 R 的电阻，在两导轨间 $cdfe$ 矩形区域内有垂直导轨平面竖直向上、宽为 d 的匀强磁场，磁感应强度为 B，一质量为 m、电阻为 r、长度也刚好为 L 的导体棒 ab 垂直放在导轨上，与磁场左边界相距 d_0，现用一个水平向右的力 F 拉棒 ab，使它由静止开始运动，棒 ab 离开磁场前已做匀速直线运动，棒 ab 与导轨始终保持良好接触，导轨电阻不计，F 随 ab 与初始位置的距离 x 变化的情况如图乙所示，F_0 已知。下列判断正确的是(　　)



甲



乙

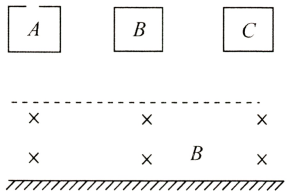
A. 棒 ab 在 ac 之间的运动一定是匀加速直线运动

B. 棒 ab 在 ce 之间不可能一直做匀速运动

C. 棒 ab 离开磁场时的速率为 $\frac{2F_0(R+r)}{B^2L^2}$

D. 棒 ab 经过磁场的过程中，通过电阻 R 的电荷量为 $\frac{BLd}{R}$

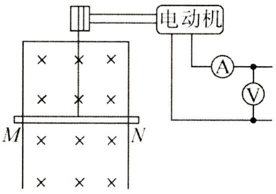
34. 如图所示,在平行于水平地面的匀强磁场上方有三个线圈,从相同的高度由静止开始同时释放,三个线圈都是用相同的金属材料制成的边长一样的正方形,A 线圈有一个缺口,B、C 线圈闭合,但 B 线圈的导线比 C 线圈的粗,则(　　)



A. 三个线圈同时落地　　B. A 线圈最先落地

C. A 线圈最后落地　　D. B、C 线圈同时落地

35. 如图所示,电动机牵引一根原来静止的、长 L 为 1 m、质量 m 为 0.1 kg 的导体棒 MN 上升,导体棒的电阻 R 为 1Ω,架在竖直放置的框架上,它们处于磁感应强度 B 为 1T 的匀强磁场中,磁场方向与框架平面垂直。当导体棒上升 $h=3.8$ m 时,获得稳定的速度,导体棒上产生的热量为 2J,电动机牵引棒时,电压表、电流表的读数分别为 7V、1A,电动机内阻 r 为 1Ω,不计框架电阻及一切摩擦,则以下判断正确的是(　　)



A. 达到稳定之前导体棒向上做匀减速运动

B. 电动机的输出功率为 49W

C. 导体棒达到稳定时的速度为 $v=2$ m/s

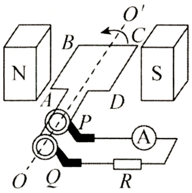
D. 导体棒从静止至达到稳定速度所需要的时间为 1 s

专题十一　交变电流

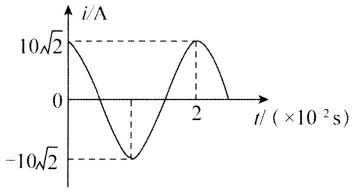
典例剖析

考点 1　交流电的产生

【例 1】图甲是小型交流发电机的示意图，两磁极 N、S 间的磁场可视为水平方向的匀强磁场，Ⓐ为交流电流表。线圈绕垂直于磁场的水平轴 OO' 沿逆时针方向匀速转动，从图示位置开始计时，产生的交变电流随时间变化的图象如图乙所示，以下判断正确的是（　　）



甲



乙

A. 电流表的示数为 10 A　　　B. 线圈转动的角速度为 50π rad/s

C. 0.01 s 时线圈平面与磁场方向平行　　　D. 0.02 s 时电阻 R 中电流的方向自右向左

解析

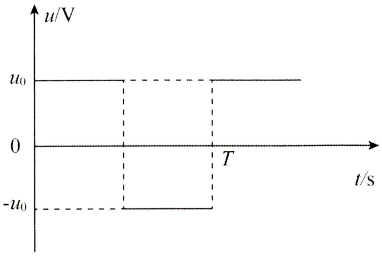
答案：AC

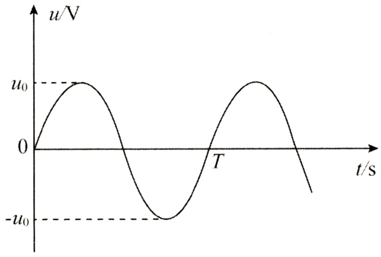
解析：电流表的示数为交变电流的有效值 10 A，A 项正确；由 $\omega=\frac{2\pi}{T}$ 可得，线圈转动的角速度为 $\omega=100\pi$ rad/s，B 项错误；0.01 s 时，电路中电流最大，故该时刻通过线圈的磁通量最小，即该时刻线圈平面与磁场平行，C 项正确；根据楞次定律可得，0.02 s 时电阻 R 中电流的方向自左向右，D 项错误。

感悟方法：线框在磁场中转动产生交流电的过程，要注意两个特殊位置的理解：中性面和平行面。

考点 2　交流电的描述

【例 2】一电阻接到方波交流电源上，在一个周期内产生的热量为 $Q_{方}$；若该电阻接到正弦交变电源上，在一个周期内产生的热量为 $Q_{正}$。该电阻上电压的峰值为 u_0，周期为 T，如图所示。则 $Q_{方}:Q_{正}$ 等于（　　）





A. $1:\sqrt{2}$　　　B. $\sqrt{2}:1$

C. $1:2$　　　D. $2:1$

解析

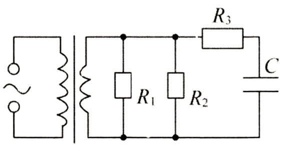
答案：D

解析：根据焦耳定律知产生的热量与方波中的电流方向的变化无关，故 $Q_{方}=\frac{u_0^2}{R}T$；而正弦交流电电压的有效值等于峰值的 $\frac{1}{\sqrt{2}}$，故 $Q_{正}=\frac{\left(\frac{u_0}{\sqrt{2}}\right)^2}{R}T=\frac{1}{2}\cdot\frac{u_0^2}{R}T$，所以 $\frac{Q_{方}}{Q_{正}}=\frac{2}{1}$，D 正确。

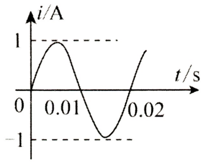
感悟方法：交流电的有效值是根据热效应来定义的。

考点 3　电容器对交流电的作用

【例 3】如图甲所示，理想变压器原、副线圈的匝数比为 10∶1，$R_1=20\ \Omega$，$R_2=30\ \Omega$，C 为电容器。已知通过 R_1 的正弦交流电如图乙所示，则(　　)



甲



乙

A. 交流电的频率为 0.02 Hz　　B. 原线圈输入电压的最大值为 $200\sqrt{2}$ V

C. 电阻 R_2 的电功率约为 6.67 W　　D. 通过 R_3 的电流始终为零

解析

答案：C

解析：根据变压器原理可知原、副线圈中电流的周期、频率相同，周期为 0.02 s，频率为 50 Hz，A 错。由图乙可知通过 R_1 的电流最大值为 $I_m=1$ A，根据欧姆定律可知其最大电压为 $U_m=20$ V，再根据原、副线圈的电压之比等于匝数之比可知原线圈输入电压的最大值为 200 V，B 错；因为电容器有通交流、阻直流的作用，则有电流通过 R_3 和电容器，D 错；根据正弦交流电的峰值和有效值关系以及并联电路特点可知电阻 R_2 的电流有效值为 $I=\frac{I_mR_1}{\sqrt{2}R_2}$，电压有效值为 $U=\frac{U_m}{\sqrt{2}}$，电阻 R_2 的电功率为 $P_2=UI=\frac{20}{3}$ W≈6.67 W，C 对。

感悟方法：电容器有通交流、阻直流，通高频、阻低频的特点。

考点 4　变压器原理与规律

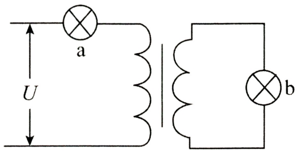
【例 4】如图，理想变压器原、副线圈分别接有额定电压相同的灯泡 a 和 b。当输入电压 U 为灯泡额定电压的 10 倍时，两灯泡均能正常发光。下列说法正确的是(　　)

A. 原、副线圈匝数之比为 9∶1

B. 原、副线圈匝数之比为 1∶9

C. 此时 a 和 b 的电功率之比为 9∶1

D. 此时 a 和 b 的电功率之比为 1∶9



解析

答案：AD

解析：因为两灯泡额定电压相同且均正常发光，且输入电压为灯泡额定电压的 10 倍，所以理想变压器的输入、输出电压比为9∶1，由理想变压器变压规律可知，原、副线圈的匝数比为 9∶1，A 项正确，B 项错误；由理想变压器变流规律可知，原、副线圈的电流比为 1∶9，由电功率 $P=UI$ 可知，a 和 b 的电功率之比为1∶9，C 项错误，D 项正确。

感悟方法：要正确理解变压器线圈两端的电压与输入电压的区别。

考点 5　变压器的动态分析

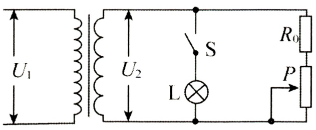
【例 5】如图所示的电路中，P 为滑动变阻器的滑片，保持理想变压器的输入电压 U_1 不变，闭合开关 S，下列说法正确的是(　　)

A. P 向下滑动时，灯 L 变亮

B. P 向下滑动时，变压器的输出电压不变

C. P 向上滑动时，变压器的输入电流变小

D. P 向上滑动时，变压器的输出功率变大



●解析

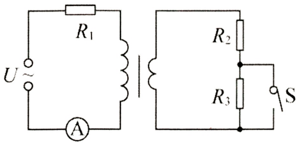
答案:BD

解析:由于 U_1 保持不变,根据变压器的变压比可知,副线圈的输出电压 U_2 不变,B 项正确;P 向下滑动时,灯泡 L 两端的电压不变,灯泡的亮度不变,A 项错误;P 向上滑动时,滑动变阻器接入电路的电阻变小,副线圈电路的总电阻 R 变小,根据 $P_2=\frac{U_2^2}{R}$ 可知,变压器的输出功率变大,D 项正确;由 $P_1=U_1I_1=P_2$ 可知,变压器的输入电流增大,C 项错误。

感悟方法:变压器的动态问题要抓住两个特点:输出电压取决于输入电压与线圈的匝数比;输入功率随输出功率的变化而变化。

考点 6　原线圈电路有电阻的变压器电路

【例 6】一含有理想变压器的电路如图所示,图中电阻 R_1、R_2 和 R_3 的阻值分别为 3 Ω、1 Ω 和 4 Ω,Ⓐ为理想交流电流表,U 为正弦交流电源,输出电压的有效值恒定。当开关 S 断开时,电流表的示数为 I;当 S 闭合时,电流表的示数为 $4I$。该变压器原、副线圈匝数比为(　　)

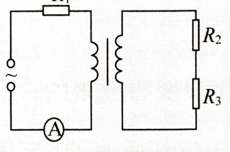


A. 2　　　　B. 3　　　　C. 4　　　　D. 5

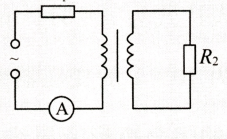
●解析

答案:B

解析:开关断开时,电路如图甲所示,原、副线圈的电流比 $\frac{I}{I_2}=\frac{n_2}{n_1}$,通过 R_2 的电流 $I_2=\frac{In_1}{n_2}$,副线圈的输出电压 $U_2=I_2(R_2+R_3)=\frac{5In_1}{n_2}$,由 $\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$ 可得原线圈两端的电压 $U_1=5I\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$,则 $U=U_1+IR_1=5I\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2+3I$;开关闭合时,电路如图乙所示,原、副线圈的电流比 $\frac{4I}{I_2'}=\frac{n_2}{n_1}$,通过 R_2 的电流 $I_2'=\frac{4In_1}{n_2}$,副线圈的输出电压 $U_2'=I_2'R_2=\frac{4In_1}{n_2}$,由 $\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$ 可得原线圈两端的电压 $U_1'=4I\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$,则 $U=U_1'+4IR_1=4I\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2+12I$,联立解得 $\frac{n_1}{n_2}=3$,选项 B 正确。



甲



乙

感悟方法:对于原线圈电路有电阻的问题,一般从电流的角度入手,比较方便,不易犯错。

考点 7　远距离输电

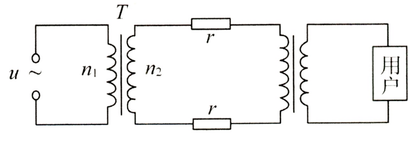
【例 7】如图为远距离输电示意图,两变压器均为理想变压器,升压变压器 T 的原、副线圈匝数分别为 n_1、n_2,在 T 的原线圈两端接入一电压 $u=U_m\sin\omega t$ 的交流电源,若输送电功率为 P,输电线的总电阻为 $2r$,不考虑其他因素的影响,则输电线上的损失的电功率为(　　)

A. $\left(\frac{n_1}{n_2}\right)\frac{U_m^2}{4r}$

B. $\left(\frac{n_2}{n_1}\right)\frac{U_m^2}{4r}$

C. $4\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2\left(\frac{P}{U_m}\right)^2r$

D. $4\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2\left(\frac{P}{U_m}\right)^2r$



● 解析

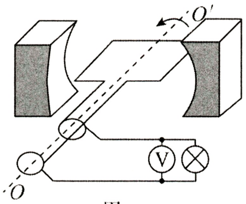
答案：C

解析：因为 $u=U_m\sin\omega t$，所以有 $U_1=\frac{U_m}{\sqrt{2}}$，根据变压器变压规律有：$U_2=\frac{n_2U_1}{n_1}$，根据 $P=U_2I_2$ 得：$I_2=\frac{P}{U_2}=\frac{\sqrt{2}Pn_1}{n_2U_m}$，线路损失的功率为 $\Delta P=2I_2^2r=\frac{4n_1^2P^2r}{n_2^2U_m^2}$，所以C项正确，A、B、D项错误。

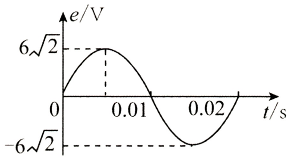
感悟方法：在计算输电线上损失的电功率时，要特别注意明确所选规律中每个物理量的涵义。

过关演练

1. 如图甲为一台小型发电机构造示意图，线圈逆时针转动，产生的电动势随时间变化的正弦规律图象如图乙所示。发电机线圈内阻为 1 Ω，外接灯泡的电阻为 9 Ω，则(　　)



甲



乙

A. 电压表的示数为 6 V
B. 在 $t=10^{-2}$ s 的时刻，穿过线圈的磁通量为零
C. 若线圈转速改为 25 r/s，则电动势的有效值为 3 V
D. 若线圈转速改为 25 r/s，则通过电灯的电流为 1.2 A

2. 图 1、图 2 分别表示两种电压的波形。其中图 1 所示电压按正弦规律变化。下列说法正确的是(　　)

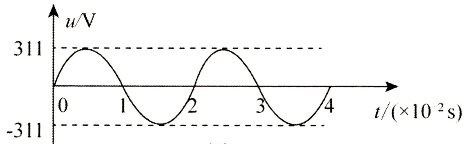


图1

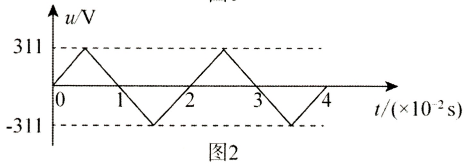
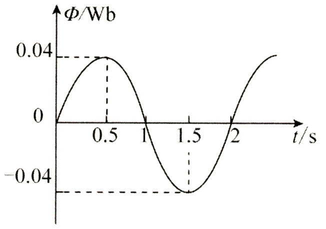


图2

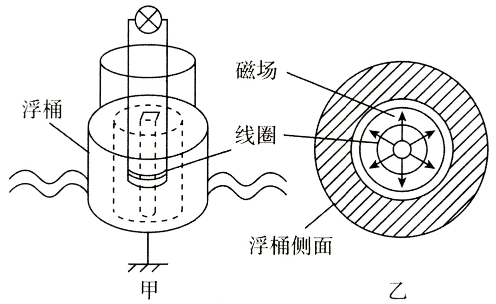
A. 图 1 表示交流电，图 2 表示直流电
B. 两种电压的有效值相等
C. 图 1 所示电压的瞬时值表达式为 $u=311\sin 100\pi t$ V
D. 图 1 所示电压经匝数比为 10∶1 的变压器变压后，频率变为原来的$\frac{1}{10}$

3. 在匀强磁场中，一个 100 匝的闭合矩形金属线圈，绕与磁感线垂直的固定轴匀速转动，穿过该线圈的磁通量随时间按图示正弦规律变化。设线圈总电阻为 2 Ω，则(　　)



A. $t=0$ 时，线圈平面平行于磁感线
B. $t=1$ s 时，线圈中的电流改变方向
C. $t=1.5$ s 时，线圈中的感应电动势最大
D. 一个周期内，线圈产生的热量为 $8\pi^2$ J

4. 海洋中蕴藏着巨大的能量，利用海洋的波浪可以发电，在我国南海上有一浮桶式波浪发电灯塔，其原理示意图如图甲所示，浮桶内的磁体通过支柱固定在暗礁上，浮桶内置线圈随波浪相对磁体沿竖直方向运动，且始终处于磁场中，该线圈与阻值 $R=15\ \Omega$ 的灯泡相连。浮桶下部由内、外两密封圆筒构成（图乙中斜线阴影部分），如图乙所示，其内为产生磁场的磁体，与浮桶内侧面的缝隙忽略不计；匝数 $N=200$ 的线圈所在处辐向磁场的磁感应强度 $B=0.2\ \text{T}$，线圈直径 $D=0.4\ \text{m}$，电阻 $r=1\ \Omega$。重力加速度 g 取 $10\ \text{m/s}^2$，$\pi^2\approx10$，若浮桶随波浪上下运动的速度可表示为 $v=0.4\pi\sin(\pi t)\ \text{m/s}$，则下列说法正确的是（　　）



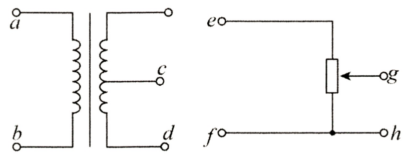
A. 波浪发电产生电动势 e 的瞬时值表达式为 $e=16\sin(\pi t)\text{V}$

B. 灯泡中电流 i 的瞬时值表达式为 $i=16\sin(\pi t)\text{A}$

C. 灯泡的电功率为 120 W

D. 灯泡两端电压的有效值为$\dfrac{15\sqrt{2}}{2}$ V

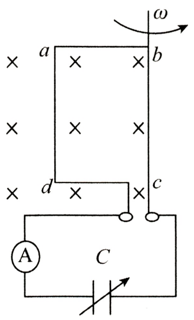
5. 在如图所示两电路中，当 a、b 两端与 e、f 两端分别加上 220 V 的交流电压时，测得 c、d 间与 g、h 间的电压均为 110 V；若分别在 c、d 与 g、h 的两端加上 110 V 的交流电压，则 a、b 间与 e、f 间的电压分别为（　　）



A. 220 V，220 V　　B. 220 V，110 V

C. 110 V，110 V　　D. 220 V，0

6. 如图所示，矩形线圈 $abcd$ 与可变电容器 C、理想电流表 A 组成闭合电路。线圈在有界匀强磁场中绕垂直于磁场的 bc 边匀速转动，转动的角速度 $\omega=100\pi\ \text{rad/s}$。线圈的匝数 $N=100$，边长 $ab=0.2\ \text{m}$，$ad=0.4\ \text{m}$，电阻不计。磁场只分布在 bc 边的左侧，磁感应强度大小 $B=\dfrac{\sqrt{2}}{16}\ \text{T}$。电容器放电时间不计。下列说法正确的是（　　）



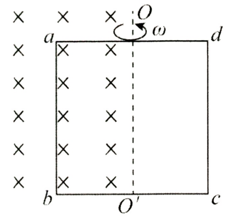
A. 该线圈产生的交流电动势峰值为 50 V

B. 该线圈产生的交流电动势有效值为 $25\sqrt{2}$ V

C. 电容器的耐压值至少为 50 V

D. 电容器的电容 C 变大时，电流表的示数变小

7. 如图所示，$abcd$ 为一边长为 L、匝数为 N 的正方形闭合线圈，绕对称轴 OO' 匀速转动，角速度为 ω。空间中只有 OO' 左侧存在垂直纸面向里的匀强磁场，磁感应强度为 B，若闭合线圈的总电阻为 R，则(　　)



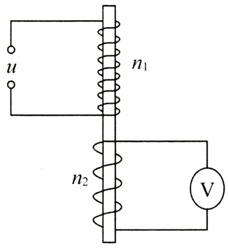
A. 线圈中电动势的有效值为$\frac{\sqrt{2}}{2}NBL^2\omega$

B. 线圈中电动势的最大值为$\frac{1}{2}NBL^2\omega$

C. 在转动一圈的过程中，线圈中有一半时间没有电流

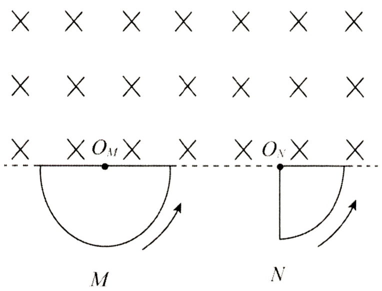
D. 当线圈转到图中所处的位置时，穿过线圈的磁通量为$\frac{1}{2}NBL^2$

8. 如图所示，在铁芯上、下分别绕有匝数 $n_1=800$ 和 $n_2=200$ 的两个线圈，上线圈两端与 $u=51\sin 314t$ V 的交流电源相连，将下线圈两端接交流电压表，则交流电压表的读数可能是(　　)



A. 2.0 V　　B. 9.0 V　　C. 12.7 V　　D. 144.0 V

9. 如图，M 为半圆形导线框，圆心为 O_M；N 是圆心角为直角的扇形导线框，圆心为 O_N；两导线框在同一竖直面(纸面)内；两圆弧半径相等；过直线 O_MO_N 的水平面上方有一匀强磁场，磁场方向垂直于纸面。现使线框 M、N 在 $t=0$ 时从图示位置开始，分别绕垂直于纸面、且过 O_M 和 O_N 的轴，以相同的周期 T 逆时针匀速转动，则(　　)



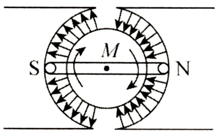
A. 两导线框中均会产生正弦交流电

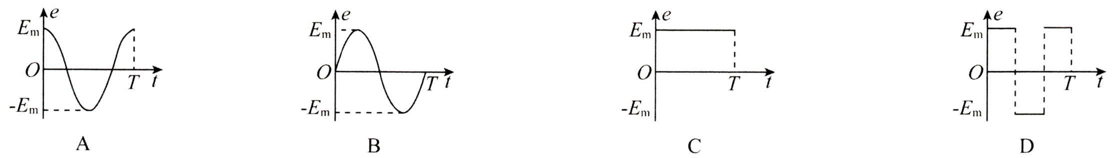
B. 两导线框中感应电流的周期都等于 T

C. 在 $t=\frac{T}{8}$时，两导线框中产生的感应电动势相等

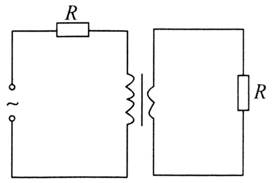
D. 两导线框的电阻相等时，两导线框中感应电流的有效值也相等

10. 一台发电机的结构示意图如图所示，其中 N、S 是永久磁铁的两个磁极，它们的表面呈半圆柱面形状。M 是圆柱形铁芯，铁芯外套有一矩形线圈，线圈绕铁芯 M 中心的固定转轴匀速转动。磁极与铁芯之间的缝隙中形成方向沿半径的辐向磁场。若从图示位置开始计时开始时电动势为正值，下列图象中能正确反映线圈中感应电动势 e 随时间 t 变化规律的是(　　)



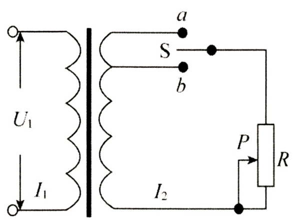


11. 一理想变压器的原、副线圈的匝数比为 3∶1，在原、副线圈的回路中分别接有阻值相同的电阻，原线圈一侧接在电压为 220 V 的正弦交流电源上，如图所示。设副线圈回路中电阻两端的电压为 U，原、副线圈回路中电阻消耗的功率的比值为 k，则(　　)



A. $U=66\ \text{V}, k=\frac{1}{9}$　　B. $U=22\ \text{V}, k=\frac{1}{9}$　　C. $U=66\ \text{V}, k=\frac{1}{3}$　　D. $U=22\ \text{V}, k=\frac{1}{3}$

12. 如图所示电路中的变压器为理想变压器，S 为单刀双掷开关。P 是滑动变阻器 R 的滑动触头，U_1 为加在原线圈两端的交变电压，I_1、I_2 分别为原线圈和副线圈中的电流。下列说法正确的是(　　)



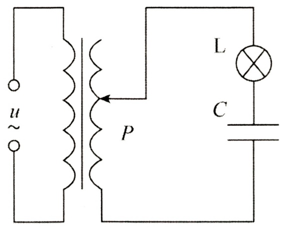
A. 保持 P 的位置及 U_1 不变，S 由 b 切换到 a，则 R 上消耗的功率减小

B. 保持 P 的位置及 U_1 不变，S 由 a 切换到 b，则 I_2 减小

C. 保持 P 的位置及 U_1 不变，S 由 b 切换到 a，则 I_1 增大

D. 保持 U_1 不变，S 接在 b 端，将 P 向上滑动，则 I_1 减小

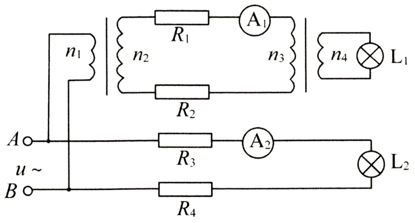
13. 如图所示，理想变压器原线圈接有交流电源，当副线圈上的滑片 P 处于图示位置时，灯泡 L 能发光。要使灯泡变亮，可以采取的方法有(　　)



A. 向下滑动 P　　B. 增大交流电源的电压

C. 增大交流电源的频率　　D. 减小电容器 C 的电容

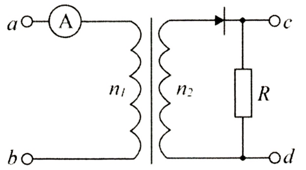
14. 如图所示为模拟远距离输电实验电路图，两理想变压器的匝数 $n_1=n_4<n_2=n_3$，四根模拟输电线的电阻 R_1、R_2、R_3、R_4 的阻值均为 R，A_1、A_2 为相同的理想交流电流表，L_1、L_2 为相同的小灯泡，灯丝电阻 $R_L>2R$，忽略灯丝电阻随温度的变化。当 A、B 端接入低压交流电源时(　　)



A. A_1、A_2 两表的示数相同　　B. L_1、L_2 两灯泡的亮度相同

C. R_1 消耗的功率大于 R_3 消耗的功率　　D. R_2 两端的电压小于 R_4 两端的电压

15. 如图，一理想变压器原、副线圈的匝数分别为 n_1、n_2。原线圈通过一理想电流表 A 接正弦交流电源，一个二极管和阻值为 R 的负载电阻串联后接到副线圈的两端。假设该二极管的正向电阻为零，反向电阻为无穷大。用交流电压表测得 a、b 端和 c、d 端的电压分别为 U_{ab} 和 U_{cd}，则(　　)



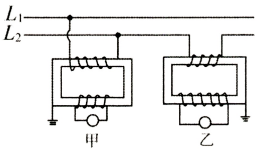
A. $U_{ab}:U_{cd}=n_1:n_2$

B. 增大负载电阻的阻值 R，电流表的读数变小

C. 负载电阻的阻值越小，cd 间的电压 U_{cd} 越大

D. 将二极管短路，电流表的读数加倍

16. 如图所示，L_1、L_2 是高压输电线，图中两电表示数分别是 220 V 和 10 A，已知图甲中原、副线圈匝数比为 100∶1，图乙中原、副线圈匝数比为 1∶10，则(　　)



A. 图甲中的电表是电压表，输电电压为 22 000 V

B. 图甲是电流互感器，输电电流是 100 A

C. 图乙中的电表是电压表，输电电压为 22 000 V

D. 图乙是电流互感器，输电电流是 10 A

17. 某水电站，用总电阻为 2.5 Ω 的输电线输电给 500 km 外的用户，其输出电功率是 3×10^6 kW，现用 500 kV 电压输电，则下列说法正确的是(　　)

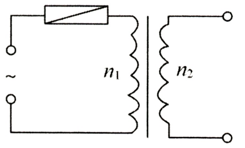
A. 输电线上输送的电流大小为 2.0×10^5 A

B. 输电线上由电阻造成的损失电压为 15 kV

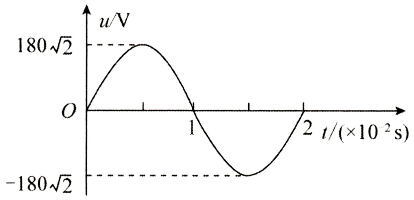
C. 若改用 5 kV 电压输电，则输电线上损失的功率为 9×10^8 kW

D. 输电线上损失的功率为 $\Delta P=\frac{U^2}{r}$，U 为输电电压，r 为输电线的电阻

18. 如图甲所示，理想变压器的原线圈电路中装有 0.5 A 的保险丝 L，原线圈匝数 $n_1=600$ 匝，副线圈匝数 $n_2=120$ 匝。当原线圈接在如图乙所示的交流电源上时，要使整个电路和用电器正常工作，则副线圈两端可以接(　　)



甲



乙

A. 阻值为 12 Ω 的电阻

B. 两盏并联的“36 V，40 W”的灯泡

C. 工作频率为 10 Hz 的用电设备

D. 耐压值为 36 V 的电容器

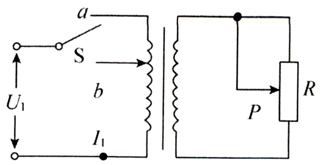
19. 如图所示为一理想变压器，S 为单刀双掷开关，P 为滑动变阻器的滑动触头，U_1 为加在原线圈两端的电压，I_1 为原线圈中的电流强度，则(　　)

A. 保持 U_1 及 P 的位置不变，S 由 a 合到 b 时，I_1 将增大

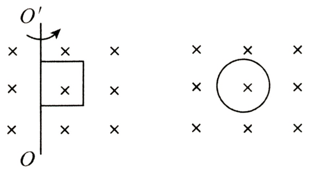
B. 保持 U_1 及 P 的位置不变，S 由 b 合到 a 时，R 消耗的功率减小

C. 保持 U_1 不变，S 合在 a 处，使 P 上滑，I_1 将增大

D. 保持 P 的位置不变，S 合在 a 处，若 U_1 增大，I_1 将增大



20. 面积为 S 的两个电阻相同的线圈，分别放在如图所示的磁场中，图甲中是磁感应强度为 B_0 的匀强磁场，线圈在磁场中以周期 T 绕 OO' 轴匀速转动，图乙中磁场变化规律为 $B=B_0\cos\frac{2\pi t}{T}$，从图示位置开始计时，则(　　)



甲　　　　乙

A. 两线圈的磁通量变化规律相同

B. 两线圈中感应电动势达到最大值的时刻不同

C. 经相同的时间 $t(t>T)$，两线圈产生的热量相同

D. 从此时刻起，经$\frac{T}{4}$时间，流过两线圈横截面的电荷量相同

专题十二　动量守恒定律

典例剖析

考点 1　动量概念

【例 1】高铁列车在启动阶段的运动可看做初速度为零的匀加速直线运动，在启动阶段，列车的动能(　　)

A. 与它所经历的时间成正比　　B. 与它的位移成正比

C. 与它的速度成正比　　D. 与它的动量成正比

解析

答案：B

解析：列车启动的过程中加速度恒定，由匀变速直线运动的速度与时间关系可知 $v=at$，且列车的动能为 $E_k=\frac{1}{2}mv^2$，由以上整理得 $E_k=\frac{1}{2}ma^2t^2$，动能与时间的平方成正比，动能与速度的平方成正比，A、C 错误；将 $x=\frac{1}{2}at^2$ 代入上式得 $E_k=max$，则列车的动能与位移成正比，B 正确；由动能与动量的关系式 $E_k=\frac{p^2}{2m}$ 可知，列车的动能与动量的平方成正比，D 错误。

感悟方法：是不是正比关系，只要写出函数表达式即可判断。

考点 2　蹦极问题

【例 2】"蹦极"运动中，长弹性绳的一端固定，另一端绑在人身上，人从几十米高处跳下。将蹦极过程简化为人沿竖直方向的运动。从绳恰好伸直，到人第一次下降至最低点的过程中，下列分析正确的是(　　)

A. 绳对人的冲量始终向上，人的动量先增大后减小

B. 绳对人的拉力始终做负功，人的动能一直减小

C. 绳恰好伸直时，绳的弹性势能为零，人的动能最大

D. 人在最低点时，绳对人的拉力等于人所受的重力

解析

答案：A

解析：从绳恰好伸直，到人第一次下降至最低点的过程中，绳子的拉力始终向上，故绳对人的冲量始终向上。由 $mg-T=ma$，人先做加速度减小的加速运动，当 $a=0$ 时，速度最大，此时动量、动能均最大，以后做减速运动，故选项 A 正确，选项 B、C 错误；人在最低点时，向上的加速度最大，故此时绳对人的拉力大于人所受的重力，D 错误。

感悟方法：从绳子绷紧开始，人做加速度减小的加速运动，当合力为零时，速度最大，然后做加速度增大的减速运动。

考点 3　高空坠物问题

【例 3】高空作业须系安全带。如果质量为 m 的高空作业人员不慎跌落，从开始跌落到安全带对人刚产生作用力前人下落的距离为 h(可视为自由落体运动)。此后经历时间 t 安全带达到最大伸长量，若在此过程中该作用力始终竖直向上，则该段时间安全带对人的平均作用力大小为(　　)

A. $\frac{m\sqrt{2gh}}{t}+mg$　　B. $\frac{m\sqrt{2gh}}{t}-mg$

C. $\frac{m\sqrt{gh}}{t}+mg$　　D. $\frac{m\sqrt{gh}}{t}-mg$

●解析

答案:A

解析:人做自由落体运动时,有 $v=\sqrt{2gh}$,设平均作用力大小为 F,选向下为正方向,又 $mgt-Ft=0-mv$,得 $F=\frac{m\sqrt{2gh}}{t}+mg$,所以 A 项正确。

感悟方法:坠落问题,涉及时间时,考虑用动量定理比较方便。

考点 4　连续体问题

【例 4】为估算池中睡莲叶面承受水滴撞击产生的平均压强,小明在雨天将一圆柱形水杯置于露台,测得 1 小时内杯中水上升了 45 mm。查询得知,当时雨滴竖直下落速度约为 12 m/s。据此估算该压强约为(设雨滴撞击睡莲后无反弹,不计雨滴重力,雨水的密度为 1×10^3 kg/m^3)(　　)

A. 0.15 Pa　　B. 0.54 Pa　　C. 1.5 Pa　　D. 5.4 Pa

●解析

答案:A

解析:由于是估算压强,所以不计雨滴的重力。设雨滴受到支持面的平均作用力为 F。设在 Δt 时间内有质量为 Δm 的雨水的速度由 $v=12$ m/s 减为零。以向上为正方向,对这部分雨水应用动量定理

$F\Delta t=0-(-\Delta mv)$,得到 $F=\frac{\Delta m}{\Delta t}v$。

设水杯横截面积为 S,对水杯里的雨水,在 Δt 时间内水面上升 Δh,则有 $\Delta m=\rho S\Delta h$,$F=\rho Sv\frac{\Delta h}{\Delta t}$。压强

$p=\frac{F}{S}=\rho v\frac{\Delta h}{\Delta t}=10^3\times12\times\frac{45\times10^{-3}}{3\ 600}$ Pa$=0.15$ Pa。

感悟方法:解决连续体问题,最关键的是选择合适的研究对象,本题中选择“在 Δt 时间内有质量为 Δm 的雨水”作为研究对象,这些水相当于在 Δt 时间内有 Δm 的雨水落到水杯里。

考点 5　碰撞问题

【例 5】在光滑水平面上,一质量 m、速度大小为 v 的 A 球与质量为 $2m$、静止的 B 球碰撞后,A 球的速度方向与碰撞前相反。则碰撞后 B 球的速度大小可能是(　　)

A. $0.6v$　　B. $0.4v$　　C. $0.3v$　　D. $0.2v$

●解析

答案:A

解析:A、B 两球在水平方向上的合外力为零,A 球和 B 球碰撞的过程中总动量守恒,设 A、B 两球碰撞后的速度分别为 v_1、v_2,选 A 原来的方向为正方向,由动量守恒定律有 $mv=-mv_1+2mv_2$　①

假设碰后 A 球静止,即 $v_1=0$,可得 $v_2=0.5v$,由题意知球 A 被反弹,所以球 B 的速度有 $v_2>0.5v$　②

A、B 两球碰撞过程能量可能有损失,由能量关系有

$\frac{1}{2}mv^2\geqslant\frac{1}{2}mv_1^2+\frac{1}{2}\times2mv_2^2$　③

①③两式联立得 $v_2\leqslant\frac{2}{3}v$　④

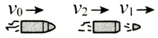
由②④两式可得:$0.5v<v_2\leqslant\frac{2}{3}v$

符合条件的只有 $0.6v$,所以选项 A 正确,B、C、D 错误。

感悟方法:解决碰撞的可能性问题要从三个角度出发:系统满足动量守恒,系统的动能在碰撞前后不增加,符合客观实际。

考点 6　反冲问题

【例 6】一枚火箭搭载着卫星以速率 v_0 进入太空预定位置，由控制系统使箭体与卫星分离。已知前部分的卫星质量为 m_1，后部分的箭体质量为 m_2，分离后箭体以速率 v_2 沿火箭原方向飞行，若忽略空气阻力及分离前后系统质量的变化，则分离后卫星的速率 v_1 为(　　)



A. v_0-v_2　　B. v_0+v_2　　C. $v_0-\frac{m_2}{m_1}v_2$　　D. $v_0+\frac{m_2}{m_1}(v_0-v_2)$

解析

答案：D

解析：忽略空气阻力和分离前后系统质量的变化，卫星和箭体整体分离前后动量守恒，则有 $(m_1+m_2)v_0=m_1v_1+m_2v_2$，整理可得 $v_1=v_0+\frac{m_2}{m_1}(v_0-v_2)$，故 D 项正确。

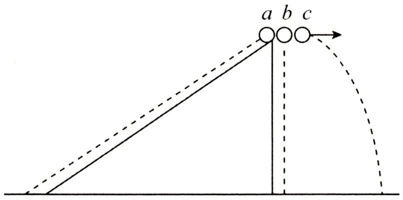
感悟方法：反冲现象中，其他形式的能转化为机械能，系统的机械能增大。

过关演练

1. 高空坠物极易对行人造成伤害。若一个 50 g 的鸡蛋从一居民楼的 25 层坠下，与地面的撞击时间约为 2 ms，则该鸡蛋对地面产生的冲击力约为(　　)

A. 10 N　　B. 10^2 N　　C. 10^3 N　　D. 10^4 N

2. 如图所示，a、b、c 是三个相同的小球，a 从光滑斜面顶端由静止开始自由下滑，同时 b、c 从同一高度分别开始自由下落和平抛。下列说法正确的是(　　)



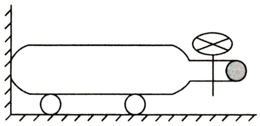
A. 它们同时到达同一水平面　　B. 它们动量变化的大小相等

C. 它们的末动能相同　　D. 重力对它们的冲量相等

3. 在行车过程中，如果车距不够，刹车不及时，汽车将发生碰撞，车里的人可能受到伤害，为了尽可能地减轻碰撞引起的伤害，人们设计了安全带。假定乘客质量为 70 kg，汽车车速为 108 km/h(即 30 m/s)，从开始刹车到车完全停止需要的时间为 5 s，安全带对乘客的作用力大小约为(　　)

A. 400 N　　B. 600 N　　C. 800 N　　D. 1 000 N

4. 如图所示，一个下面装有轮子的贮气瓶停放在光滑的水平地面上，底端与竖直墙壁接触。现打开右端阀门，气体向外喷出，设喷口的面积为 S，气体的密度为 ρ，气体向外喷出的速度为 v，则气体刚喷出时钢瓶底端对竖直墙面的作用力大小是(　　)



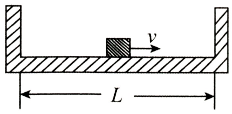
A. ρvS　　B. $\frac{v^2}{S}$　　C. $\frac{1}{2}\rho v^2S$　　D. ρv^2S

5. 将质量为 1.00 kg 的模型火箭点火升空，50 g 燃烧的燃气以大小为 600 m/s 的速度从火箭喷口在很短时间内喷出。在燃气喷出后的瞬间，火箭的动量大小为(喷出过程中重力和空气阻力可忽略)(　　)

A. 30 kg·m/s　　B. 5.7×10^2 kg·m/s

C. 6.0×10^2 kg·m/s　　D. 6.3×10^2 kg·m/s

6. 质量为 M、内壁间距为 L 的箱子静止于光滑的水平面上，箱子中间有一质量为 m 的小物块，小物块与箱子底板间的动摩擦因数为 μ。初始时小物块停在箱子正中间，如图所示。现给小物块一水平向右的初速度 v，小物块与箱壁碰撞 N 次后恰又回到箱子正中间，并与箱子保持相对静止。设碰撞都是弹性的，则整个过程中，系统损失的动能为(　　)



A. $\frac{1}{2}mv^2$　　B. $\frac{1}{2}\frac{mM}{m+M}v^2$

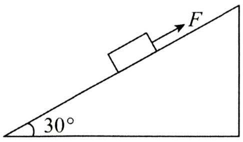
C. $\frac{1}{2}N\mu mgL$　　D. $N\mu mgL$

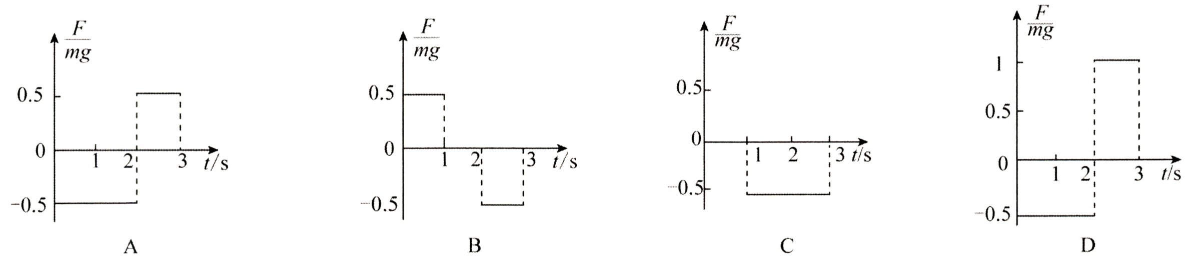
7. 质量为 M 的小船在静止水面上以速率 v_0 向右匀速行驶，一质量为 m 的救生员站在船尾，相对小船静止。若救生员以相对水面速率 v 水平向左跃入水中，则救生员跃出后小船的速率为(　　)

A. $v_0+\frac{m}{M}v$　　B. $v_0-\frac{m}{M}v$

C. $v_0+\frac{m}{M}(v_0+v)$　　D. $v_0+\frac{m}{M}(v_0-v)$

8. 如图所示，在倾角为 30°的足够长的光滑固定斜面上有一质量为 m 的物体，它受到沿斜面方向的力 F 的作用。力 F 可按如图所示的四种方式随时间变化(图中纵坐标是 F 与 mg 的比值，力沿斜面向上为正)。已知此物体在 $t=0$ 时速度为零，若用 v_1、v_2、v_3、v_4 分别表示上述四种受力情况下物体在 3 s 末的速率，则这四个速率中最大的是(　　)



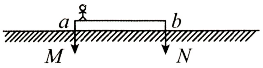


9. 相对太空站静止的太空飞行器上有一种装置，它利用电场加速带电粒子，形成向外发射的粒子流，从而对飞行器产生反冲力使其获得速度。已知飞行器的质量为 M，发射的是二价氧离子，每个氧离子的质量为 m，元电荷的电荷量为 e，氧离子由静止经电压 U 加速形成氧离子流对外发射。如果每秒内飞行器发射 N 个氧离子，则太空飞行器获得的速度为(　　)

A. $\frac{N}{M}\sqrt{2eUm}$　　B. $\frac{2N}{M}\sqrt{eUm}$

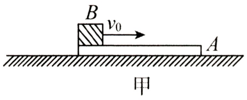
C. $\frac{N}{M}\sqrt{\frac{2eU}{m}}$　　D. $\frac{2N}{M}\sqrt{\frac{eU}{m}}$

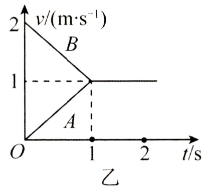
10. 如图所示，一光滑地面上有一质量为 m'的足够长的木板 ab，一质量为 m 的人站在木板的 a 端，关于人由静止开始运动到木板的 b 端(M、N 表示地面上原 a、b 对应的点)，下列图示正确的是(　　)





11. 如图所示，长木板 A 放在光滑的水平面上，质量为 $m=2$ kg 的另一物体 B 以水平速度 $v_0=2$ m/s 滑上原来静止的长木板 A 的表面，由于 A、B 间存在摩擦，之后 A、B 速度随时间变化情况如图乙所示，则下列说法正确的是(　　)

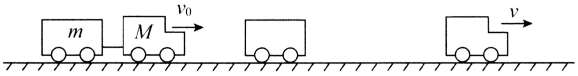




A. 木板获得的动能为 2 J　　B. 系统损失的机械能为 4 J

C. 木板 A 的最小长度为 2 m　　D. A、B 间的动摩擦因数为 0.1

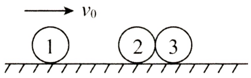
12. 在交通事故中，汽车与拖车脱钩时有发生。如图所示，质量为 M 的汽车带着质量为 m 的拖车在平直公路上以加速度 a 匀加速前进，当速度为 v_0 时拖车突然与汽车脱钩，到拖车停下瞬间司机才发现。若汽车的牵引力一直未变，车与路面间的动摩擦因数为 μ，那么从脱钩到拖车刚停下的过程中，下列说法正确的是(　　)



A. 汽车和拖车整体动量守恒　　B. 汽车和拖车整体机械能守恒

C. 从脱钩到拖车刚停下用时$\frac{v_0}{g\mu}$　　D. 拖车刚停下时汽车的速度为$\frac{(M+m)(a+\mu g)}{\mu Mg}v_0$

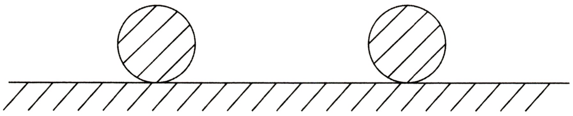
13. 如图所示，在光滑的水平面上有三个完全相同的小球，它们排成一条直线，小球 2、3 静止，并靠在一起，球 1 以速度 v_0 射向它们，设碰撞中不损失机械能，则碰后三个小球的速度值是(　　)



A. $v_1=v_2=v_3=\frac{1}{\sqrt{3}}v_0$　　B. $v_1=0, v_2=v_3=\frac{1}{\sqrt{2}}v_0$

C. $v_1=0, v_2=v_3=\frac{1}{2}v_0$　　D. $v_1=v_2=0, v_3=v_0$

14. 如图所示，光滑水平面上有大小相同的 A、B 两球在同一直线上运动。两球质量关系为 $m_B=2m_A$，规定向右为正方向，A、B 两球的动量均为 6 kg·m/s，运动中两球发生碰撞，碰撞后 A 球的动量增量为 -4 kg·m/s，则(　　)



A. 左方是 A 球，碰撞后 A、B 两球速度大小之比为 2∶5

B. 左方是 A 球，碰撞后 A、B 两球速度大小之比为 1∶10

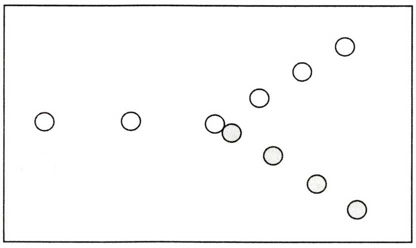
C. 右方是 A 球，碰撞后 A、B 两球速度大小之比为 2∶5

D. 右方是 A 球，碰撞后 A、B 两球速度大小之比为 1∶10

15. 质量为 M 的物块以速度 v 运动，与质量为 m 的静止物块发生正碰，碰撞后两者的动量正好相等，两者质量之比$\frac{M}{m}$可能为(　　)

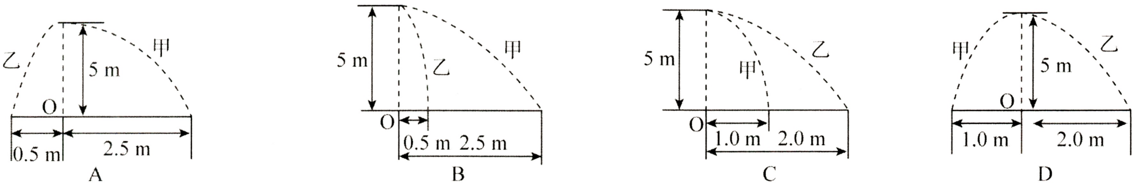
A. 2　　B. 3　　C. 4　　D. 5

16. 水平面上，一白球与一静止的灰球碰撞，两球质量相等。碰撞过程的频闪照片如图所示，据此可推断，碰撞过程中系统损失的动能约占碰撞前动能的(　　)

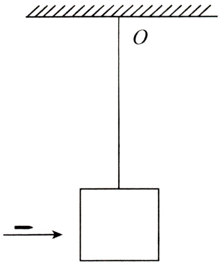


A. 30%　　B. 50%　　C. 70%　　D. 90%

17. 一弹丸在飞行到距离地面 5 m 高时仅有水平速度 $v=2$ m/s，爆炸成为甲、乙两块水平飞出，甲、乙的质量比为 3∶1。不计质量损失，取重力加速度 $g=10$ m/s^2。则下列图中两块弹片飞行的轨迹可能正确的是(　　)



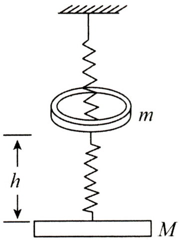
18. 如图所示，一沙袋用无弹性轻细绳悬于 O 点。开始时沙袋处于静止，此后弹丸以水平速度击中沙袋后均未穿出。第一次弹丸的速度为 v_1，打入沙袋后二者共同摆动的最大摆角为 30°。当它们第 1 次返回图示位置时，第 2 粒弹丸以水平速度 v_2 又击中沙袋，使沙袋向右摆动且最大摆角仍为 30°。若弹丸质量是沙袋质量的 $\frac{1}{40}$，则以下结论中正确的是(　　)



A. $v_1 : v_2 = 41 : 42$　　B. $v_1 : v_2 = 41 : 83$

C. $v_2 = v_1$　　D. $v_1 : v_2 = 42 : 41$

19. 一轻质弹簧，上端悬挂于天花板上，下端系一质量为 M 的平板，处在平衡状态。一质量为 m 的均匀环套在弹簧外，与平板的距离为 h，如图所示。让环自由下落，撞击平板。已知碰后环与板以相同的速度向下运动，使弹簧伸长(　　)



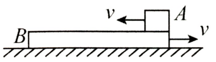
A. 若碰撞时间极短，则碰撞过程中环与板的总动量守恒

B. 若碰撞时间极短，则碰撞过程中环与板的总机械能守恒

C. 环撞击板后，板的新平衡位置与 h 的大小无关

D. 在碰后板和环一起下落的过程中，它们减少的动能等于克服弹簧弹力所做的功

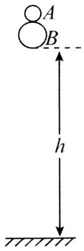
20. 如图所示，一质量 $M=3.0$ kg 的长方形木板 B 放在光滑水平地面上，在其右端放一个质量 $m=1.0$ kg 的小木块 A。给 A 和 B 以大小均为 4.0 m/s，方向相反的初速度，使 A 开始向左运动，B 开始向右运动，A 始终没有滑离木板 B。在小木块 A 做加速运动的时间内，木板速度大小可能是(　　)



A. 1.8 m/s　　B. 2.4 m/s

C. 2.8 m/s　　D. 3.0 m/s

21. 如图所示，两质量分别为 m_1 和 m_2 的弹性小球 A、B 叠放在一起，从高度为 h 处自由落下，h 远大于两小球半径，落地瞬间，B 先与地面碰撞，后与 A 碰撞，所有的碰撞都是弹性碰撞，且都发生在竖直方向、碰撞时间均可忽略不计。已知 $m_2=3m_1$，则 A 反弹后能达到的高度为(　　)



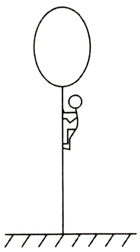
A. h

B. $2h$

C. $3h$

D. $4h$

22. 如图所示，气球下面有一根长绳，一个质量为 $m_1=50$ kg 的人抓在气球下方，气球和长绳的总质量为 $m_2=20$ kg，长绳的下端刚好和水平面接触，当静止时人离地面的高度为 $h=5$ m。如果这个人开始沿绳向下滑，当他滑到绳下端时，他离地面高度是(可以把人看做质点)(　　)



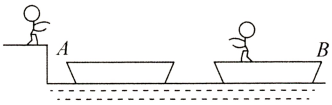
A. 5 m

B. 3.6 m

C. 2.6 m

D. 8 m

23. 如图所示，在平静的水面上有 A、B 两艘小船，A 船的左侧是岸，在 B 船上站着一个人，人与 B 船的总质量是 A 船的 10 倍。两船开始时都处于静止状态，当 B 船上的人把 A 船以相对于地面的速度 v 向左推出，A 船到达岸边时岸上的人马上以原速率将 A 船推回，B 船上的人接到 A 船后，再次把它以原速率反向推出……直到 B 船上的人不能再接到 A 船，则 B 船上的人推船的次数为(　　)



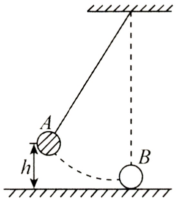
A. 7　　B. 6　　C. 3　　D. 9

24. 假设某航天器以 8 km/s 的速度高速运行时，迎面撞上一只速度为 10 m/s、质量为 5 kg 的大鸟，碰撞时间为 1.0×10^{-5} s，则碰撞过程中的平均作用力约为(　　)

A. 8×10^{12} N　　B. 8×10^{9} N

C. 4×10^{9} N　　D. 5×10^{6} N

25. 如图所示，小球 A 和小球 B 质量相同，球 B 置于光滑水平面上。当球 A 从高为 h 处由静止摆下，到达最低点恰好与 B 相撞，并黏合在一起继续摆动，它们能上升的最大高度是(　　)



A. h　　B. $\frac{h}{2}$

C. $\frac{h}{4}$　　D. $\frac{h}{8}$

26. 冰壶运动深受观众喜爱，图 1 为冬奥会上中国队员投掷冰壶的镜头。在某次投掷中，冰壶甲运动一段时间后与静止的冰壶乙发生正碰，如图 2。若两冰壶质量相等，则碰后两冰壶最终停止的位置，可能是选项图中的(　　)

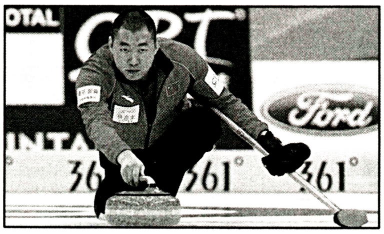


图1

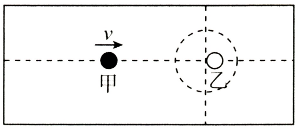
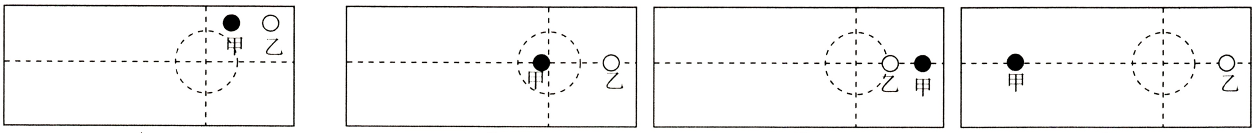
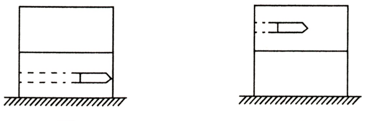


图2



A　　B　　C　　D

27. 矩形滑块由不同材料上、下两层粘合在一起组成，将其放在光滑的水平面上，质量为 m 的子弹以速度 v 水平射向滑块，若射击下层，子弹刚好不射出，若射击上层，则子弹刚好能射进一半厚度，如图所示，上述两种情况相比较(　　)



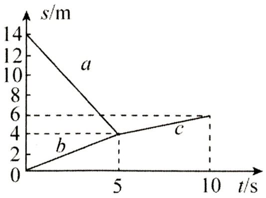
A. 子弹对滑块做功一样多　　B. 子弹对滑块做的功不一样多

C. 系统产生的热量一样多　　D. 系统产生的热量不一样多

28. 带电粒子 a、b 在同一匀强磁场中做匀速圆周运动，它们的动量大小相等，a 运动的半径大于 b 运动的半径。若 a、b 的电荷量分别为 q_a、q_b，质量分别为 m_a、m_b，周期分别为 T_a、T_b。则一定有(　　)

A. $q_a<q_b$　　B. $m_a<m_b$　　C. $T_a<T_b$　　D. $\frac{q_a}{m_a}<\frac{q_b}{m_b}$

29. 某研究小组通过实验测得两滑块碰撞前后运动的实验数据，得到如图所示的位移—时间图象。图中的线段 a、b、c 分别表示沿光滑水平面上同一条直线运动的滑块Ⅰ、Ⅱ和它们发生正碰后结合体的位移变化关系。已知相互作用时间极短，由图象给出的信息可知(　　)



A. 碰前滑块Ⅰ与滑块Ⅱ速度大小之比为 5∶2

B. 碰前滑块Ⅰ的动量大小比滑块Ⅱ的动量大小大

C. 碰前滑块Ⅰ的动能比滑块Ⅱ的动能小

D. 滑块Ⅰ的质量是滑块Ⅱ的质量的 $\frac{1}{6}$

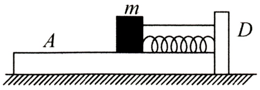
30. 如图所示，木块 A 的质量 $m_A=1$ kg，足够长的木板 B 的质量 $m_B=4$ kg，质量为 $m_C=4$ kg 的木块 C 置于木板 B 上，水平面光滑，B、C 之间有摩擦。现使 A 以 $v_0=12$ m/s 的初速度向右运动，与 B 碰撞后以 4 m/s 的速度弹回，则(　　)



A. B 运动过程中的最大速度为 4 m/s　　B. B 运动过程中的最大速度为 8 m/s

C. C 运动过程中的最大速度为 4 m/s　　D. C 运动过程中的最大速度为 2 m/s

31. 如图所示，质量为 M 的木板静止在光滑水平面上，右端有一个固定在木板上的挡板 D，挡板上固定一个轻弹簧，将一个质量为 m 的小物块放在弹簧的左端，将弹簧压缩，并用细线拴住。若烧断细线，物块最终停在木板上的 A 位置。如果把木板固定在水平地面上，再将小物块放在弹簧的左端，将弹簧压缩到上述同样程度，并用细线拴住，再烧断细线，则下列说法正确的是(　　)



A. 小物块最终仍停在 A 点　　B. 小物块最终停在 A 点右侧某位置

C. 小物块最终停在 A 点左侧某位置　　D. 小物块可能会从木板上滑下

32. 如图甲所示，在光滑水平面上，轻质弹簧一端固定，物体 A 以速度 v_0 向右运动压缩弹簧，测得弹簧的最大压缩量为 x。现让弹簧一端连接另一质量为 m 的物体 B（如图乙所示），物体 A 以 $2v_0$ 的速度向右压缩弹簧，测得弹簧的最大压缩量仍为 x，则(　　)



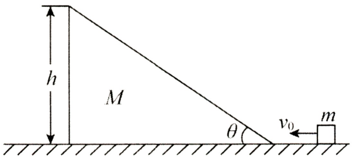
A. A 物体的质量为 $3m$

B. A 物体的质量为 $2m$

C. 弹簧压缩量最大时的弹性势能为 $\frac{3}{2}mv_0^2$

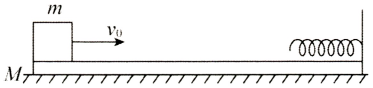
D. 弹簧压缩量最大时的弹性势能为 mv_0^2

33. 如图所示，在足够长的光滑水平面上有一静止的质量为 M 的斜面，斜面表面光滑、高度为 h、倾角为 θ。一质量为 $m(m<M)$ 的小物块以一定的初速度沿水平面向左运动，不计冲上斜面时的机械能损失。如果斜面固定，则小物块恰能冲到斜面的顶端。如果斜面不固定，则小物块冲上斜面后能达到的最大高度为(　　)



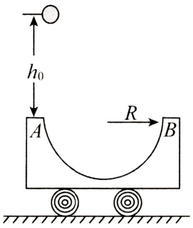
A. h　　B. $\frac{mh}{m+M}$　　C. $\frac{mh}{M}$　　D. $\frac{Mh}{m+M}$

34. 如图所示，静止在光滑水平面上的木板 A，右端有一根轻质弹簧沿水平方向与木板相连，木板质量 $M=3$ kg。质量 $m=1$ kg 的铁块 B 以水平速度 $v_0=4$ m/s 从木板的左端沿板面向右滑行，压缩弹簧后又被弹回，最后恰好停在木板的左端。在上述过程中弹簧具有的最大弹性势能为(　　)



A. 3 J　　B. 4 J　　C. 6 J　　D. 20 J

35. 如图所示，质量为 m 的半圆轨道小车静止在光滑的水平地面上，其水平直径 AB 长度为 $2R$，现将质量也为 m 的小球从距 A 点正上方 h_0 高处由静止释放，然后由 A 点经过半圆轨道后从 B 冲出，在空中能上升的最大高度为 $\frac{3}{4}h_0$（不计空气阻力），则(　　)



A. 小球和小车组成的系统动量守恒

B. 小车向左运动的最大距离为 $\frac{1}{2}R$

C. 小球离开小车后做斜上抛运动

D. 小球第二次能上升的最大高度 h 满足 $\frac{1}{2}h_0<h<\frac{3}{4}h_0$

专题十三　原子物理

典例剖析

考点 1　光电效应的规律分析

【例 1】现用某一光电管进行光电效应的实验，当用某一频率的光入射时，有光电流产生。下列说法正确的是(　　)

A. 保持入射光的频率不变，入射光的光强变大，饱和光电流变大

B. 入射光的频率变高，饱和光电流变大

C. 入射光的频率变高，光电子的最大初动能变大

D. 保持入射光的光强不变，不断减小入射光的频率，始终有光电流产生

E. 遏止电压的大小与入射光的频率有关，与入射光的光强无关

●解析

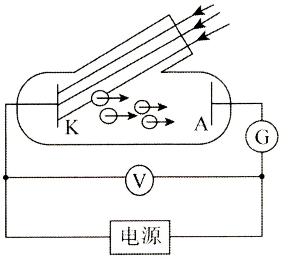
答案：ACE

解析：根据光电效应规律，保持入射光的频率不变，入射光的光强变大，则饱和光电流变大，选项 A 正确；由爱因斯坦光电效应方程知，入射光的频率变高，产生的光电子最大初动能变大，而饱和光电流与入射光的频率和光强都有关，选项 B 错误，C 正确；保持入射光的光强不变，不断减小入射光的频率，当入射光的频率小于极限频率时，就不能发生光电效应，没有光电流产生，选项 D 错误；遏止电压与产生的光电子的最大初动能有关，光电子的最大初动能与入射光的频率有关，与入射光的光强无关，选项 E 正确。

感悟方法：对于光电效应，要熟记四条规律以及爱因斯坦光电效应方程。

考点 2　光电效应的电路分析

【例 2】以往我们认识的光电效应是单光子光电效应，即一个电子在短时间内能吸收到一个光子而从金属表面逸出。强激光的出现丰富了人们对于光电效应的认识，用强激光照射金属，由于其光子密度极大，一个电子在短时间内吸收多个光子成为可能，从而形成多光子电效应，这已被实验证实。光电效应实验装置示意如图。用频率为 ν 的普通光源照射阴极 K，没有发生光电效应，换同样频率为 ν 的强激光照射阴极 K，却发生了光电效应；此时，若加上反向电压 U，即将阴极 K 接电源正极，阳极 A 接电源负极，在 KA 之间就形成了使光电子减速的电场，逐渐增大 U，光电流会逐渐减小；当光电流恰好减小到零时，所加反向电压 U 可能是下列的(其中 W 为逸出功，h 为普朗克常量，e 为电子电荷量)(　　)



A. $U=\frac{h\nu}{e}-\frac{W}{e}$　　B. $U=\frac{2h\nu}{e}-\frac{W}{e}$　　C. $U=2h\nu-W$　　D. $U=\frac{5h\nu}{2e}-\frac{W}{e}$

●解析

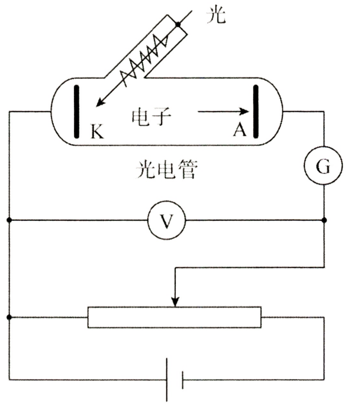
答案：B

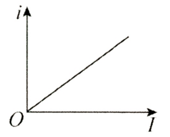
解析：由题意可知，用强激光照射发生光电效应时有 $E_k=nh\nu-W(n=2,3,4,5,6\cdots)$，在 KA 之间逐渐增大 U，当光电流恰好减小到零时，由动能定理可得 $-eU=0-E_k$，联立可得 $U=\frac{nh\nu}{e}-\frac{W}{e}(n=2,3,4,5,6\cdots)$，对比各选项可知选 B。

感悟方法：在强激光照射下，一个电子在短时间内可能吸收多个光子。

考点 3　光电效应的图象分析

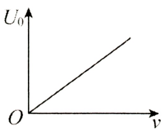
【例 3】研究光电效应规律的实验装置如图所示，以频率为 ν 的光照射光电管阴极 K 时，有光电子产生。由于光电管 K、A 间加的是反向电压，光电子从阴极 K 发射后将向阳极 A 做减速运动。光电流 i 由图中电流计 G 测出，反向电压 U 由电压表 V 测出。当电流计示数恰好为零时，电压表的示数称为反向截止电压 U_0。在下列表示光电效应实验规律的图象中，错误的是(　　)





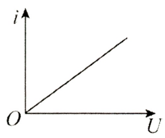
反向电压和频率ν一定时，光电流i与光强I的关系

A



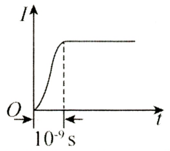
截止电压U_0与频率ν的关系

B



光强I和频率ν一定时，光电流i与反向电压U的关系

C



光强I和频率ν一定时，光电流i与产生光电子的时间的关系

D

● 解析

答案：BC

解析：由光电效应规律可知，光电流的强度与光强成正比，光射到金属上时，光电子的发射是瞬时的，不需要时间积累，故 A、D 图象正确；从金属中打出的光电子，在反向电压作用下做减速运动，随着反向电压的增大，到达阳极的电子数减少，故 C 图象错误；由光电效应方程可知：$h\nu=h\nu_0+E_{km}$，而 $eU_0=E_{km}$，所以有 $h\nu=h\nu_0+eU_0$，由此可知，B 图象错误。

感悟方法：本题涉及了光电效应规律、光电效应方程、动能定理等知识，需要我们有较强的阅读能力、识图能力和从图中提取有价信息的能力。

考点 4　波粒二象性

【例 4】现代物理学认为，光和实物粒子都具有波粒二象性。下列事实中突出体现波动性的是(　　)

A. 一定频率的光照射到锌板上，光的强度越大，单位时间内锌板上发射的光电子就越多

B. 肥皂液是无色的，吹出的肥皂泡却是彩色的

C. 质量为 10^{-3} kg、速度为 10^{-2} m/s 的小球，其德布罗意波长约为 10^{-23} m，不过我们能清晰地观测到小球运动的轨迹

D. 人们常利用热中子研究晶体的结构，因为热中子的德布罗意波长与晶体中原子间距大致相同

● 解析

答案：BD

解析：干涉和衍射较好地证明了光的波动性，光电效应证明了光的粒子性，光的波动性与机械波有着本质区别，所以 A 错误，B 正确(无色的肥皂液吹出彩色的肥皂泡的原因是薄膜干涉)；实物粒子也具有波动性，但由于波长太小，我们无法直接观测到，但晶体中原子的间距大致与热中子的德布罗意波长相同，容易发生衍射现象，所以 C 错误，D 正确。

感悟方法：光具有波粒二象性，光电效应说明了光的粒子性，干涉与衍射说明了光的波动性，实物粒子也具有波动性的特点。

考点 5　原子的核式结构

【例 5】在卢瑟福 α 粒子散射实验中，金箔中的原子核可以看做静止不动，下列各图画出的是其中两个 α 粒子经历金箔散射过程的径迹，其中正确的是(　　)



A　　　　B　　　　C　　　　D

●解析

答案：C

解析：α 粒子与原子核均带正电荷，所以 α 粒子受到原子核的作用力为斥力，据此可排除选项 A、D；α 粒子不可能先受到吸引力，再受到排斥力，B 错误。

感悟方法：对于卢瑟福 α 粒子散射实验的现象，我们要记熟“绝大多数、少数、极少数、有的”几个程度词。

考点 6　原子的跃迁

【例 6】氢原子在某三个相邻能级间跃迁时，可发出三种不同波长的辐射光。已知其中的两个波长分别为 λ_1 和 λ_2，且 $\lambda_1>\lambda_2$，则另一个波长可能是(　　)

A. $\lambda_1+\lambda_2$　　B. $\lambda_1-\lambda_2$　　C. $\frac{\lambda_1\lambda_2}{\lambda_1+\lambda_2}$　　D. $\frac{\lambda_1\lambda_2}{\lambda_1-\lambda_2}$

●解析

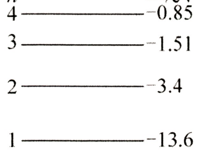
答案：CD

解析：氢原子在能级间跃迁时，发出的光子的能量与能级能量差相等。如果这三个相邻能级分别为 1、2、3 能级，$E_3>E_2>E_1$，且能级能量差满足 $E_3-E_1>E_2-E_1>E_3-E_2$，根据 $h\frac{c}{\lambda}=E_{高}-E_{低}$ 可得可以产生的光子波长由小到大分别为：$\frac{hc}{E_3-E_1}$、$\frac{hc}{E_2-E_1}$和$\frac{hc}{E_3-E_2}$，这三种波长满足两种关系 $\frac{1}{\lambda_3}=\frac{1}{\lambda_1}+\frac{1}{\lambda_2}$ 和 $\frac{1}{\lambda_3}=\frac{1}{\lambda_2}-\frac{1}{\lambda_1}$，可知 C、D 是正确的。

感悟方法：原子的跃迁条件是所吸收或者放出的光子能量恰好等于两个能级能量差。

考点 7　原子的电离

【例 7】氢原子能级的示意图如图所示，大量氢原子从 $n=4$ 的能级向 $n=2$ 的能级跃迁时辐射出可见光 a，从 $n=3$ 的能级向 $n=2$ 的能级跃迁时辐射出可见光 b，则(　　)



A. 氢原子从高能级向低能级跃迁时可能会辐射出 r 射线

B. 氢原子从 $n=4$ 的能级向 $n=3$ 的能级跃迁时会辐射出紫外线

C. 在水中传播时，a 光较 b 光的速度小

D. 氢原子在 $n=2$ 的能级时可吸收任意频率的光而发生电离

解析

答案：C

解析：γ 射线的产生机理是原子核受激发，是原子核变化时产生的，A 错；根据跃迁规律可知高能级向低能级跃迁时辐射光子的能量等于这两个能级能量差，从 $n=4$ 的能级向 $n=3$ 的能级跃迁时辐射出的光子能量小于 a 光子的能量，不可能为紫外线，B 错；根据跃迁规律可知从 $n=4$ 向 $n=2$ 跃迁时辐射光子的能量大于从 $n=3$ 向 $n=2$ 跃迁时辐射光子的能量，则可见光 a 的光子能量大于 b，又根据光子能量 $E=h\nu$ 可得 a 光子的频率大于 b，则 a 的折射率大于 b，又 $v=\frac{c}{n}$，可得在水中传播时，a 光较 b 光的速度小，C 对；欲使在 $n=2$ 的能级的氢原子发生电离，吸收的能量一定不小于 3.4 eV，D 错。

感悟方法：原子的电离与原子的跃迁不同，跃迁的条件是所吸收的光子能量恰好等于两个能级能量差；而电离所吸收的光子能量要大于等于原子所在能级能量的绝对值。

考点 8　天然放射现象

【例 8】^{14}C 发生放射性衰变衰变为 ^{14}N，半衰期约为 5 700 年。已知植物存活期间，其体内 ^{14}C 与 ^{12}C 的比例不变；生命活动结束后，^{14}C 的比例持续减少。现通过测量得知，某古木样品中 ^{14}C 的比例正好是现代植物所制样品的二分之一。下列说法正确的是（　　）

A. 该古木的年代距今约为 5 700 年

B. ^{12}C、^{13}C、^{14}C 具有相同的中子数

C. ^{14}C 衰变为 ^{14}N 的过程中放出 β 射线

D. 增加样品测量环境的压强将加速 ^{14}C 的衰变

解析

答案：AC

解析：设原来 $^{14}_{6}C$ 的质量为 M_0，衰变后剩余质量为 M，$M=M_0\left(\frac{1}{2}\right)^n$，其中 n 为发生半衰期的次数，由题意可知剩余质量为原来的 $\frac{1}{2}$，故 $n=1$，所以该古木的年代距今约 5 700 年，故 A 正确；^{12}C、^{13}C、^{14}C 具有相同的质子数和不同的中子数，故 B 错误；^{14}C 衰变为 ^{14}N 的过程中质量数没有变化而核电核数增加 1，所以是其中的一个中子变成了一个质子和一个电子，所以放出 β 射线，故 C 正确；放射性元素的半衰期与物理环境及化学环境无关，故 D 错误。

感悟方法：利用半衰期规律可以探测古木的年代，因为放射性元素的半衰期与物理环境及化学环境无关。β 射线是原子核内的一个中子变成了一个质子和一个电子时放出的。

考点 9　核反应

【例 9】1934 年，约里奥—居里夫妇用 α 粒子轰击铝核 $^{27}_{13}Al$，产生了第一个人工放射性核素 X：$\alpha+^{27}_{13}Al\rightarrow n+X$。X 的原子序数和质量数分别为（　　）

A. 15 和 28　　B. 15 和 30　　C. 16 和 30　　D. 17 和 31

解析

答案：B

解析：据 α 粒子和中子的质量数和电荷数写出核反应方程：$^{4}_{2}He+^{27}_{13}Al\rightarrow ^{1}_{0}n+^{A}_{Z}X$，结合质量数守恒和电荷数守恒得，$A=4+27-1=30$，$Z=2+13-0=15$，原子序数等于核电荷数，故 B 正确。

感悟方法：核反应方程满足质量数守恒和电荷数守恒。

考点 10　核能的计算

【例 10】中子和质子结合成氘核时，质量亏损 Δm，相应的能量 $\Delta E=\Delta mc^2=2.2\text{MeV}$ 是氘核的结合能。下列说法正确的是（　　）

A. 用能量小于 2.2MeV 的光子照射静止氘核时，氘核不能分解为一个质子和一个中子

B. 用能量等于 2.2MeV 的光子照射静止氘核时，氘核可能分解为一个质子和一个中子，它们的动能之和为零

C. 用能量大于 2.2MeV 的光子照射静止氘核时，氘核可能分解为一个质子和一个中子，它们的动能之和为零

D. 用能量大于 2.2MeV 的光子照射静止氘核时，氘核可能分解为一个质子和一个中子，它们的动能之和不为零

·解析

答案：AD

解析：只有静止氘核吸收光子能量大于其结合能时，才能分解为一个质子和一个中子，故 A 项正确，B 项错误；根据能量守恒定律，光子能量大于氘核结合能，则多余的能量以核子动能形式呈现，故 C 项错误，D 项正确。

感悟方法：核能的计算有两种方法，一种是 $\Delta E=\Delta mc^2$，一种是 $\Delta E=\Delta n\times 931.5\text{MeV}$。

过关演练

1. 实物粒子和光都具有波粒二象性，下列事实中突出体现波动性的是（　　）

A. 电子束通过双缝实验装置后可以形成干涉图样

B. β 射线在云室中穿过会留下清晰的径迹

C. 人们利用慢中子衍射来研究晶体的结构

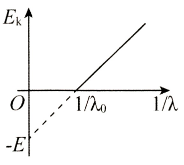
D. 人们利用电子显微镜观测物质的微观结构

E. 光电效应实验中，光电子的最大初动能与入射光的频率有关，与入射光的强度无关

2. 用波长为 300nm 的光照射锌板，电子逸出锌板表面的最大初动能为 1.28×10^{-19} J。已知普朗克常量为 6.63×10^{-34} J·s，真空中的光速为 3.00×10^{8} m·s^{-1}，能使锌产生光电效应的单色光的最低频率约为（　　）

A. 1×10^{14} Hz　　B. 8×10^{14} Hz　　C. 2×10^{15} Hz　　D. 8×10^{15} Hz

3. 如图所示是某金属在光的照射下，光电子的最大初动能 E_k 与入射光的波长的倒数 $\frac{1}{\lambda}$ 的关系图象，由图象可知（　　）



A. 图象中的 λ_0 是产生光电效应的最小波长

B. 普朗克常量和光速的乘积 $hc=E\lambda_0$

C. 该金属的逸出功等于 $-E$

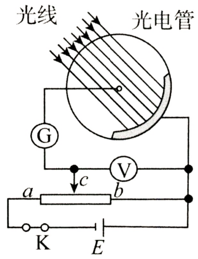
D. 若入射光的波长为 $\frac{\lambda_0}{3}$，产生的光电子的最大初动能为 $2E$

4. 在光电效应实验中，分别用频率为 ν_a、ν_b 的单色光 a、b 照射到同种金属上，测得相应的遏止电压分别为 U_a 和 U_b、光电子的最大初动能分别为 E_{ka} 和 E_{kb}。h 为普朗克常量。下列说法正确的是（　　）

A. 若 $\nu_a>\nu_b$，则一定有 $U_a<U_b$　　B. 若 $\nu_a>\nu_b$，则一定有 $E_{ka}>E_{kb}$

C. 若 $U_a<U_b$，则一定有 $E_{ka}<E_{kb}$　　D. 若 $\nu_a>\nu_b$，则一定有 $h\nu_a-E_{ka}>h\nu_b-E_{kb}$

5. 用如图所示的装置研究光电效应现象，当用光子能量为 2.5eV 的光照射到光电管上时，电流表 G 的示数为 0.2mA。移动变阻器的触点 c，当电压表的示数大于或等于 0.7V 时，电流表示数为 0。则(　　)



A. 光电管阴极的逸出功为 1.8eV

B. 开关 K 断开后，没有电流流过电流表 G

C. 光电子的最大初动能为 0.7eV

D. 改用能量为 1.5eV 的光子照射，电流表 G 也有电流，但电流较小

6. 氢原子光谱在可见光区域内有四条谱线 H_α、H_β、H_γ、H_δ，都是氢原子中电子从量子数 $n>2$ 的能级跃迁到 $n=2$ 的能级发出的光，它们在真空中的波长由长到短，可以判定(　　)

A. H_α 对应的前后能级能量差最小

B. 同一介质对 H_α 的折射率最大

C. 同一介质中 H_δ 的传播速度最大

D. 用 H_γ 照射某一金属能发生光电效应，则 H_β 也一定能

7. “约瑟夫森结”由超导体和绝缘体制成。若在结两端加恒定电压 U，则它会辐射频率为 ν 的电磁波，且 ν 与 U 成正比，即 $\nu=kU$。已知比例系数 k 仅与元电荷 e 的 2 倍和普朗克常量 h 有关。你可能不了解此现象的机理，但仍可运用物理学中常用的方法，在下列选项中，推理判断比例系数 k 的值可能为(　　)

A. $\dfrac{h}{2e}$　　B. $\dfrac{2e}{h}$　　C. $2he$　　D. $\dfrac{1}{2he}$

8. 真空中有一平行板电容器，两极板分别由铂和钾(其极限波长分别为 λ_1 和 λ_2)制成，板面积为 S，间距为 d。现用波长为 λ($\lambda_1<\lambda<\lambda_2$)的单色光持续照射两板内表面，则电容器的最终带电荷量为(　　)

A. $\dfrac{d}{S}\left(\dfrac{\lambda-\lambda_1}{\lambda\lambda_1}\right)$　　B. $\dfrac{d}{S}\left(\dfrac{\lambda_1-\lambda_2}{\lambda\lambda_2}\right)$

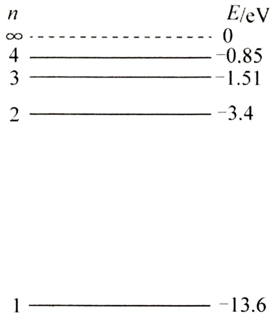
C. $\dfrac{S}{d}\left(\dfrac{\lambda-\lambda_1}{\lambda\lambda_1}\right)$　　D. $\dfrac{S}{d}\left(\dfrac{\lambda_2-\lambda}{\lambda\lambda_2}\right)$

9. 用频率为 ν_0 的光照射大量处于基态的氢原子，在所发射的光谱中仅能观测到频率分别为 ν_1、ν_2、ν_3 的三条谱线，且 $\nu_3>\nu_2>\nu_1$，则(　　)

A. $\nu_0<\nu_1$　　B. $\nu_3=\nu_2+\nu_1$

C. $\nu_0=\nu_1+\nu_2+\nu_3$　　D. $\dfrac{1}{\nu_1}=\dfrac{1}{\nu_2}+\dfrac{1}{\nu_3}$

10. 氢原子的能级图如图所示，关于大量氢原子的能级跃迁，下列说法正确的是(可见光的波长范围为 $4.0\times10^{-7}\sim7.6\times10^{-7}$ m，普朗克常量 $h=6.6\times10^{-34}$ J·s，真空中光速 $c=3.0\times10^{8}$ m/s)(　　)



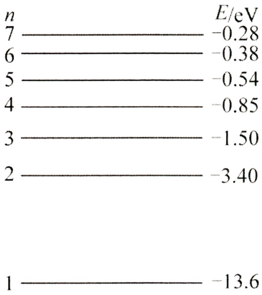
A. 氢原子从高能级跃迁到基态时，会辐射 γ 射线

B. 氢原子处从 $n=4$ 能级跃迁时会辐射可见光

C. 氢原子从高能级向 $n=3$ 能级跃迁时，辐射的光具有显著的热效应

D. 氢原子从高能级向 $n=2$ 能级跃迁时，辐射的光在同一介质中传播速度最小的光子能量为 1.89eV

11. 用大量具有一定能量的电子轰击大量处于基态的氢原子，观测到了一定数目的光谱线。调高电子的能量再次进行观测，发现光谱线的数目原来增加了 5 条。用 Δn 表示两次观测中最高激发态的量子数 n 之差，E 表示调高后电子的能量。根据氢原子的能级图可以判断，Δn 和 E 的可能值为(　　)



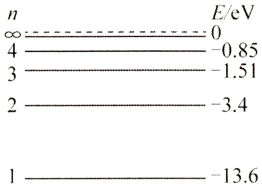
A. $\Delta n=1$，$13.22\text{eV}<E<13.32\text{eV}$

B. $\Delta n=2$，$13.22\text{eV}<E<13.32\text{eV}$

C. $\Delta n=1$，$12.75\text{eV}<E<13.06\text{eV}$

D. $\Delta n=2$，$12.75\text{eV}<E<13.06\text{eV}$

12. 氢原子能级如图，当氢原子从 $n=3$ 跃迁到 $n=2$ 的能级时，辐射光的波长为 656 nm。以下判断正确的是(　　)



A. 氢原子从 $n=2$ 跃迁到 $n=1$ 的能级时，辐射光的波长大于 656 nm

B. 用波长为 325 nm 的光照射，可使氢原子从 $n=1$ 跃迁到 $n=2$ 能级

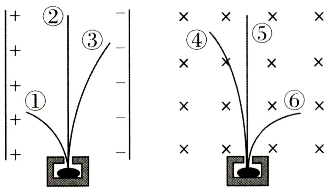
C. 一群处于 $n=3$ 能级上的氢原子向低能级跃迁时最多产生 3 种谱线

D. 用波长为 633 nm 的光照射，不能使氢原子从 $n=2$ 跃迁到 $n=3$ 的能级

13. 若原子的某内层电子被电离形成空位，其他层的电子跃迁到该空位上时，会将多余的能量以电磁辐射的形式释放出来，此电磁辐射就是原子的特征 X 射线，内层空位的产生有多种机制，其中的一种称为内转换，即原子中处于激发态的核跃迁回到基态时，将跃迁时释放的能量交给某一内层电子，使此内层电子电离而形成空位(被电离的电子称为内转换电子)，^{214}Po 的原子核从某一激发态回到基态时，可将能量 $E_0=1.416\text{MeV}$ 交给内层电子(如 K、L、M 层电子，K、L、M 标记原子中最靠近核的三个电子层)使其电离，实验测得从 ^{214}Po 原子的 K、L、M 层电离出的电子的动能分别为 $E_K=1.323\text{MeV}$，$E_L=1.399\text{MeV}$，$E_M=1.412\text{MeV}$，则可能发射的特征 X 射线的能量为(　　)

A. 0.013MeV　　B. 0.017MeV　　C. 0.076MeV　　D. 0.093MeV

14. 如图，放射性元素镭衰变过程中释放出 α、β、γ 三种射线，分别进入匀强电场和匀强磁场中，下列说法正确的是(　　)



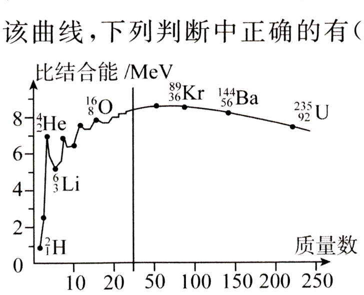
A. ①表示 γ 射线，③表示 α 射线　　B. ②表示 β 射线，③表示 α 射线

C. ④表示 α 射线，⑤表示 γ 射线　　D. ⑤表示 β 射线，⑥表示 α 射线

15. ^{14}C 是一种半衰期为 5 730 年的放射性同位素。若考古工作者探测某古木中 ^{14}C 的含量为原来的 $\frac{1}{4}$，则该古树死亡时间距今大约为(　　)

A. 22 920 年　　B. 11 460 年　　C. 5 730 年　　D. 2 865 年

16. 原子核的比结合能曲线如图所示，根据该曲线，下列判断中正确的有(　　)



A. ^4_2He 核的结合能约为 14MeV　　B. ^4_2He 核比 ^6_3Li 核更稳定

C. 两个 ^2_1H 核结合成 ^4_2He 核时释放能量　　D. $^{235}_{92}U$ 核中核子的平均结合能比 $^{89}_{36}Kr$ 核中的大

17. 一静止的铀核放出一个 α 粒子衰变成钍核，衰变方程为 ${}^{238}_{92}U \to {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$。下列说法正确的是(　　)

A. 衰变后钍核的动能等于 α 粒子的动能

B. 衰变后钍核的动量大小等于 α 粒子的动量大小

C. 铀核的半衰期等于其放出一个 α 粒子所经历的时间

D. 衰变后 α 粒子与钍核的质量之和等于衰变前铀核的质量

18. 下列说法正确的是(　　)

A. 组成原子核的核子越大，原子核越稳定

B. ${}^{238}_{92}U$ 衰变为 ${}^{222}_{86}Rn$ 经过 4 次 α 衰变，2 次 β 衰变

C. 在 LC 振荡电路中，当电流最大时，线圈两端电势差也最大

D. 在电子的单缝衍射实验中，狭缝变窄，电子动量的不确定量变大

19. 下列说法正确的是(　　)

A. α 粒子大角度散射表明 α 粒子很难进入原子内部

B. 氢原子跃迁发出的光从空气射入水时可能发生全反射

C. 裂变反应有质量亏损，质量数不守恒

D. γ 射线是一种波长很短的电磁波

20. 关于近代物理，下列说法正确的是(　　)

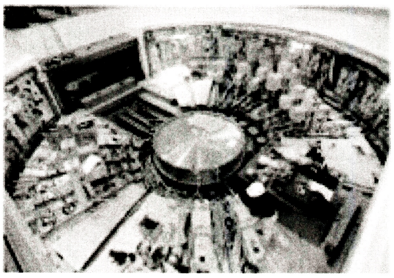
A. α 射线是高速运动的氦原子

B. 核聚变反应方程 ${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \to {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$ 中，${}^{1}_{0}n$ 表示质子

C. 从金属表面逸出的光电子的最大初动能与照射光的频率成正比

D. 玻尔将量子观念引入原子领域，其理论能够解释氢原子光谱的特征

21. 国家大科学工程——中国散裂中子源(CSNS)于 2017 年 8 月 28 日首次打靶成功，获得中子束流，可以为诸多领域的研究和工业应用提供先进的研究平台，下列核反应中放出的粒子为中子的是(　　)



A. ${}^{14}_{7}N$ 俘获一个 α 粒子，产生 ${}^{17}_{8}O$ 并放出一个粒子

B. ${}^{27}_{13}Al$ 俘获一个 α 粒子，产生 ${}^{30}_{15}P$ 并放出一个粒子

C. ${}^{11}_{5}B$ 俘获一个质子，产生 ${}^{8}_{4}Be$ 并放出一个粒子

D. ${}^{6}_{3}Li$ 俘获一个质子，产生 ${}^{3}_{2}He$ 并放出一个粒子

22. 现有两动能均为 $E_0=0.35\text{MeV}$ 的 ${}^{2}_{1}H$ 在一条直线上相向运动，两个 ${}^{2}_{1}H$ 发生对撞后能发生核反应，得到 ${}^{3}_{2}He$ 和新粒子，且在核反应过程中释放的能量完全转化为 ${}^{3}_{2}He$ 和新粒子的动能。已知 ${}^{2}_{1}H$ 的质量为 2.014 1u，${}^{3}_{2}He$ 的质量为 3.016 0u，新粒子的质量为 1.008 7u，核反应时质量亏损 1u 释放的核能约为 931MeV(如果涉及计算，结果保留整数)。则下列说法正确的是(　　)

A. 核反应方程为 ${}^{2}_{1}H + {}^{2}_{1}H \to {}^{3}_{2}He + {}^{1}_{1}H$

B. 核反应前后不满足能量守恒定律

C. 新粒子的动能约为 3MeV

D. ${}^{3}_{2}He$ 的动能约为 4MeV

23. 一静止的铝原子核 ${}^{27}_{13}Al$ 俘获一速度为 1.0×10^{7} m/s 的质子 p 后，变为处于激发态的硅原子核 ${}^{28}_{14}Si$，下列说法正确的是(　　)

A. 核反应方程为 $p + {}^{27}_{13}Al \to {}^{28}_{14}Si$

B. 核反应过程中系统动量守恒

C. 核反应过程中系统能量不守恒

D. 核反应前后核子数相等，所以生成物的质量等于反应物的质量之和

E. 硅原子核速度的数量级为 10^{5} m/s，方向与质子初速度的方向一致

24. 关于原子核的结合能，下列说法正确的是(　　)

A. 原子核的结合能等于使其完全分解成自由核子所需的最小能量

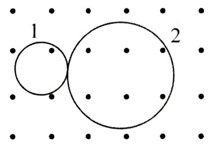
B. 一重原子核衰变成 α 粒子和另一原子核，衰变产物的结合能之和一定大于原来重核的结合能

C. 铯原子核($^{133}_{55}Cs$)的结合能小于铅原子核($^{208}_{82}Pb$)的结合能

D. 比结合能越大，原子核越不稳定

E. 自由核子组成原子核时，其质量亏损所对应的能最大于该原子核的结合能

25. 静止在匀强磁场中的$^{238}_{92}U$ 核发生 α 衰变，产生一个未知粒子 X，它们在磁场中的运动径迹如图所示，下列说法正确的是(　　)



A. 该核反应方程为$^{238}_{92}U \to ^{234}_{90}X + ^{4}_{2}He$

B. α 粒子和粒子 X 在磁场中做圆周运动时转动方向相同

C. 轨迹 1、2 分别是 α 粒子、X 粒子的运动径迹

D. α 粒子、X 粒子运动径迹半径之比为 45∶1

专题十四　热学

考点 1　物质由大量的分子组成

【例 1】若以 μ 表示水的摩尔质量，v 表示在标准状态下水蒸气的摩尔体积，ρ 为在标准状态下水蒸气的密度，N_A 为阿伏加德罗常数，m、V 分别表示每个水分子的质量和体积，下面是四个关系式：

①$N_A=\frac{v\rho}{m}$　②$\rho=\frac{\mu}{N_AV}$　③$m=\frac{\mu}{N_A}$　④$V=\frac{v}{N_A}$，其中(　　)

A. ①和②都是正确的　　B. ①和③都是正确的

C. ③和④都是正确的　　D. ①和④都是正确的

解析

答案：B

解析：对一摩尔的任何物质包含的分子数都是阿伏加德罗常数 N_A，所以 $N_A=\frac{\mu}{m}=\frac{v\rho}{m}$，即①和③都是正确的。而对水和水蒸气，由于分子间距的存在，N_AV 并不等于摩尔体积 v，②和④都是错误的。

感悟方法：要注意每个分子的体积与每个分子的“活动体积”，严格来讲，分子体积小于活动体积，特别是对于气体来讲，分子体积远小于活动体积。

考点 2　扩散现象、布朗运动与分子热运动

【例 2】墨滴入水，扩而散之，徐徐混匀。关于该现象的分析正确的是(　　)

A. 混合均匀主要是由于碳粒受重力作用

B. 混合均匀的过程中，水分子和碳粒都做无规则运动

C. 使用碳粒更小的墨汁，混合均匀的过程进行得更迅速

D. 墨汁的扩散运动是由于碳粒和水分子发生化学反应引起的

解析

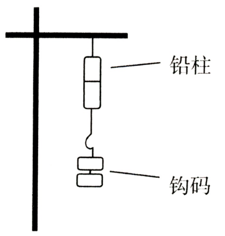
答案：BC

解析：本题考查布朗运动，意在考查考生对布朗运动的理解。墨滴入水后碳粒的运动是布朗运动，是由于受水分子撞击不平衡引起的，是水分子无规则运动的反映，碳粒越小，布朗运动越明显，综上所述，选项 A、D 错误，选项 B、C 正确。

感悟方法：布朗运动是碳粒的运动，不是分子运动，但布朗运动反映液体分子的运动。

考点 3　分子间存在着相互作用的引力和斥力

【例 3】如图所示，两个接触面平滑的铅柱压紧后悬挂起来，下面的铅柱不脱落，主要原因是(　　)



A. 铅分子做无规则热运动

B. 铅柱受到大气压力作用

C. 铅柱间存在万有引力作用

D. 铅柱间存在分子引力作用

● 解析

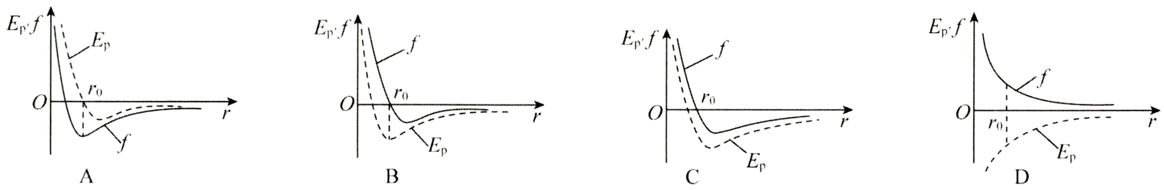
答案:D

解析:本题考查分子动理论,考查考生对分子力的理解。下面的铅柱不脱落,说明铅柱受到一个向上的力的作用,A错误;大气对铅柱有向上的压力,但是远远不足以抵消铅柱的重力,B错误;铅柱间的万有引力太小,远小于铅柱的重力,C错误;由于铅柱间存在着分子引力的作用,故下面的铅柱才不脱落,D正确。

感悟方法:不论分子间距大小,分子间总是存在着相互作用的引力与斥力,当分子间间距小于 r_0 时,对外表现为斥力,大于 r_0 时,对外表现为引力。

考点4　分子势能

【例4】下列四幅图中,能正确反映分子间作用力 f 和分子势能 E_p 随分子间距离 r 变化关系的图线是(　　)



● 解析

答案:B

解析:当 $r=r_0$ 时,分子间作用力 $f=0$,分子势能 E_p 最小,排除A、C、D,选B。

感悟方法:分子间作用力与分子势能的图象"长"得很像!但要注意区别,当分子力为零时,分子势能不为零。

考点5　固体、液体的性质

【例5】对下列几种固体物质的认识,正确的有(　　)

A. 食盐熔化过程中,温度保持不变,说明食盐是晶体

B. 烧热的针尖接触涂有蜂蜡薄层的云母片背面,熔化的蜂蜡呈椭圆形,说明蜂蜡是晶体

C. 天然石英表现为各向异性,是由于该物质的微粒在空间的排列不规则

D. 石墨和金刚石的物理性质不同,是由于组成它们的物质微粒排列结构不同

● 解析

答案:AD

解析:晶体都具有固定的熔点,选项A正确;蜂蜡是非晶体,选项B错误;晶体的微粒在空间的排列是规则的,选项C错误;石墨和金刚石的物质微粒排列结构不同,导致了它们的物理性质不同,选项D正确。

感悟方法:晶体具有各向异性,但并不是说每种晶体在各种物理性质上都表现出各向异性,而是说晶体在某种物理特性上表现出各向异性。

考点6　气体的压强

【例6】下列说法正确的是(　　)

A. 气体对器壁的压强就是大量气体分子作用在器壁单位面积上的平均作用力

B. 气体对器壁的压强就是大量气体分子单位时间作用在器壁上的平均冲量

C. 气体分子热运动的平均动能减小,气体的压强一定减小

D. 单位体积的气体分子数增加,气体的压强一定增大

●解析

答案：A

解析：根据压强的定义可知 A 对、B 错。气体分子热运动的平均动能减小，说明温度降低，但不能说明压强也一定减小，C 错。单位体积的气体分子增加，但若温度降低，气体的压强有可能减小，D 错。

感悟方法：气体的压强从微观来讲，是由大量做热运动的分子对器壁单位面积上的平均作用力形成的。

考点 7 气体实验定律

【例 7】某自行车轮胎的容积为 V，里面已有压强为 p_0 的空气，现在要使轮胎内的气压增大到 p，设充气过程为等温过程，空气可看做理想气体，轮胎容积保持不变，则还要向轮胎充入温度相同、压强也是 p_0 的空气的体积为（　　）

A. $\frac{p_0}{p}V$　　B. $\frac{p}{p_0}V$　　C. $\left(\frac{p}{p_0}-1\right)V$　　D. $\left(\frac{p_0}{p}+1\right)V$

●解析

答案：C

解析：设所求体积为 V_x，由玻意耳定律得，$p_0(V_x+V)=pV$，$V_x=\left(\frac{p}{p_0}-1\right)V$，C 正确。

感悟方法：本题考查理想气体状态方程，意在考查考生对理想气体状态方程的理解。

考点 8 理想气体状态方程的应用

【例 8】对于一定量的稀薄气体，下列说法正确的是（　　）

A. 压强变大时，分子热运动必然变得剧烈　　B. 保持压强不变时，分子热运动可能变得剧烈

C. 压强变大时，分子间的平均距离必然变小　　D. 压强变小时，分子间的平均距离可能变小

●解析

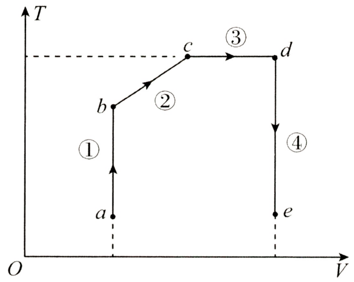
答案：BD

解析：根据理想气体的状态方程 $\frac{pV}{T}=C$，当压强变大时，气体的温度不一定变大，分子热运动也不一定变得剧烈，选项 A 错误；当压强不变时，气体的温度可能变大，分子热运动也可能变得剧烈，选项 B 正确；当压强变大时，气体的体积不一定变小，分子间的平均距离也不一定变小，选项 C 错误；当压强变小时，气体的体积可能变小，分子间的平均距离也可能变小，选项 D 正确。

感悟方法：本题考查对理想气体的状态方程 $\frac{pV}{T}=C$ 的理解。

考点 9 气体状态变化的图象问题

【例 9】如图，一定质量的理想气体从状态 a 开始，经历过程①、②、③、④到达状态 e，对此气体，下列说法正确的是（　　）



A. 过程①中气体的压强逐渐减小　　B. 过程②中气体对外界做正功

C. 过程④中气体从外界吸收了热量　　D. 状态 c、d 的内能相等

E. 状态 d 的压强比状态 b 的压强小

解析

答案:BDE

解析:由理想气体状态方程$\frac{p_aV_a}{T_a}=\frac{p_bV_b}{T_b}$可知,$p_b>p_a$,即过程①中气体的压强逐渐增大,选项A错误;由于过程②中气体体积增大,所以过程②中气体对外做功,选项B正确;过程④中气体体积不变,气体对外做功为零,温度降低,内能减小,根据热力学第一定律,过程④中气体放出热量,选项C错误;由于状态c、d的温度相等,理想气体的内能只与温度有关,可知状态c、d的内能相等,选项D正确;由理想气体状态方程$\frac{p_dV_d}{T_d}=\frac{p_bV_b}{T_b}$并结合题图可知,状态$d$的压强比状态$b$的压强小,选项E正确。

感悟方法:将理想气体的状态方程$\frac{pV}{T}=C$与相应的图象结合起来,需要我们有数形结合的意识与能力。

考点10 热力学第一定律

【例10】下列说法正确的是(　　)

A. 物体放出热量,其内能一定减小

B. 物体对外做功,其内能一定减小

C. 物体吸收热量,同时对外做功,其内能可能增加

D. 物体放出热量,同时对外做功,其内能可能不变

解析

答案:C

解析:根据热力学第一定律(公式$\Delta U=Q+W$)可知,做功和热传递都可以改变物体的内能,当外界对物体做的功大于物体放出的热量或物体吸收的热量大于物体对外界做的功时,物体的内能增加,选项A、B错误,选项C正确;物体放出热量同时对外做功,则$Q+W<0$,内能减小,选项D错误。

感悟方法:本题考查对热力学第一定律(公式$\Delta U=Q+W$)的理解与应用。

考点11 热力学第二定律

【例11】关于热力学定律,下列说法正确的是(　　)

A. 气体吸热后温度一定升高

B. 对气体做功可以改变其内能

C. 理想气体等压膨胀过程一定放热

D. 热量不可能自发地从低温物体传到高温物体

E. 如果两个系统分别与状态确定的第三个系统达到热平衡,那么这两个系统彼此之间也必定达到热平衡

解析

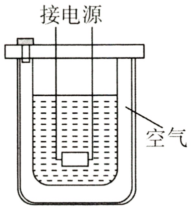
答案:BDE

解析:根据热力学第一定律,气体吸热的同时若对外做功,则内能不一定增大,温度不一定升高,选项A错误。对气体做功可以改变其内能,选项B正确。理想气体等压膨胀过程,对外做功,由理想气体状态方程可知,气体温度升高,内能增大,故气体一定吸热,选项C错误。根据热力学第二定律,热量不可能自发地从低温物体传到高温物体,选项D正确。根据热平衡定律,如果两个系统分别与状态确定的第三个系统达到热平衡,那么这两个系统彼此之间也必定达到热平衡,选项E正确。

感悟方法:热力学第二定律有两种说法:一种是“热量不可能自发地从低温物体传到高温物体”,一种是“不可能从单一热源吸收热量,使之完全变为功而不引起其他变化”。

考点 12　气体实验定律与热力学第一定律的综合

【例 12】如图为某实验器材的结构示意图，金属内筒和隔热外筒间封闭了一定体积的空气，内筒中有水，在水加热升温的过程中，被封闭的空气(　　)



A. 内能增大　　　　B. 压强增大

C. 分子间引力和斥力都减小　　　　D. 所有分子运动速率都增大

解析

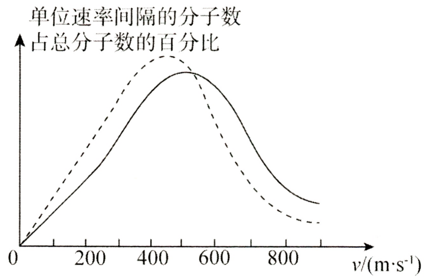
答案：AB

解析：在水加热升温的过程中，封闭气体的温度升高，内能增大，选项 A 正确；根据 $\frac{pV}{T}=C$ 知，气体的压强增大，选项 B 正确；气体的体积不变，气体分子间的距离不变，分子间的引力和斥力不变，选项 C 错误；温度升高，分子热运动的平均速率增大，但并不是所有分子运动的速率都增大，选项 D 错误。

感悟方法：本题将等容变化过程与热力学第一定律结合起来。

过关演练

1. 氧气分子在 0 ℃和 100 ℃温度下单位速率间隔的分子数占总分子数的百分比随气体分子速率的变化分别如图中两条曲线所示。下列说法正确的是(　　)



A. 图中两条曲线下面积相等

B. 图中虚线对应于氧气分子平均动能较小的情形

C. 图中实线对应于氧气分子在 100 ℃时的情形

D. 图中曲线给出了任意速率区间的氧气分子数目

E. 与 0 ℃时相比，100 ℃时氧气分子速率出现在 0～400 m/s 区间内的分子数占总分子数的百分比较大

2. 对于实际的气体，下列说法正确的是(　　)

A. 气体的内能包括气体分子的重力势能

B. 气体的内能包括分子之间相互作用的势能

C. 气体的内能包括气体整体运动的动能

D. 气体体积变化时，其内能可能不变

E. 气体的内能包括气体分子热运动的动能

3. 关于分子动理论，下列说法正确的是(　　)

A. 气体扩散的快慢与温度无关　　　　B. 布朗运动是液体分子的无规则运动

C. 分子间同时存在着引力和斥力　　　　D. 分子间的引力总是随分子间距增大而增大

4. 两个相距较远的分子仅在分子力作用下由静止开始运动，直至不再靠近。在此过程中，下列说法正确的是(　　)

A. 分子力先增大，后一直减小

B. 分子力先做正功，后做负功

C. 分子动能先增大，后减小

D. 分子势能先增大，后减小

E. 分子势能和动能之和不变

5. 下列说法正确的是(　　)

A. 悬浮在水中的花粉的布朗运动反映了花粉分子的热运动

B. 空中的小雨滴呈球形是水的表面张力作用的结果

C. 彩色液晶显示器利用了液晶的光学性质具有各向异性的特点

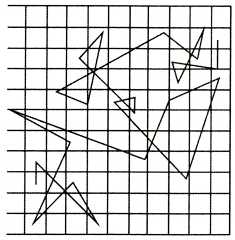
D. 高原地区水的沸点较低，这是高原地区温度较低的缘故

E. 干湿泡湿度计的湿泡显示的温度低于干泡显示的温度，这是湿泡外纱布中的水蒸发吸热的结果

6. 已知地球半径约为 6.4×10^{6} m，空气的摩尔质量约为 29×10^{-3} kg/mol，一个标准大气压约为 1.0×10^{5} Pa。利用以上数据可估算出地球表面大气在标准状况下的体积为(　　)

A. 4×10^{16} m^3　　B. 4×10^{18} m^3　　C. 4×10^{20} m^3　　D. 4×10^{22} m^3

7. 做布朗运动实验，得到某个观测记录如图。图中记录的是(　　)



A. 分子无规则运动的情况

B. 某个微粒做布朗运动的轨迹

C. 某个微粒做布朗运动的速度—时间图线

D. 按等时间间隔依次记录的某个运动微粒位置的连线

8. 下列说法中正确的是(　　)

A. 气体的温度升高时，分子的热运动变得剧烈，分子的平均动能增大，撞击器壁时对器壁的作用力增大，从而气体的压强一定增大

B. 气体体积变小时，单位体积的分子数增多，单位时间内打到器壁单位面积上的分子数增多，从而气体的压强一定增大

C. 压缩一定量的气体，气体的内能一定增加

D. 分子 a 从远外趋近固定不动的分子 b，当 a 到达受 b 的作用力为零处时，a 的动能一定最大

9. 对一定质量的气体，若用 N 表示单位时间内与器壁单位面积碰撞的分子数，则(　　)

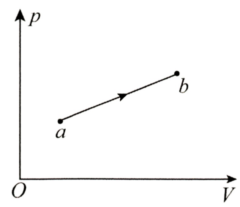
A. 当体积减小时，N 必定增加

B. 当温度升高时，N 必定增加

C. 当压强不变而体积和温度变化时，N 必定变化

D. 当压强不变而体积和温度变化时，N 可能不变

10. 如图，一定量的理想气体从状态 a 变化到状态 b，其过程如 $p-V$ 图中从 a 到 b 的直线所示。在此过程中(　　)



A. 气体温度一直降低

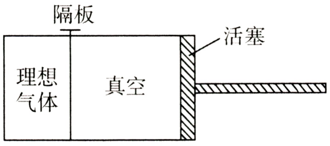
B. 气体内能一直增加

C. 气体一直对外做功

D. 气体一直从外界吸热

E. 气体吸收的热量一直全部用于对外做功

11. 如图，用隔板将一绝热汽缸分成两部分，隔板左侧充有理想气体，隔板右侧与绝热活塞之间是真空。现将隔板抽开，气体会自发扩散至整个汽缸。待气体达到稳定后，缓慢推压活塞，将气体压回到原来的体积。假设整个系统不漏气。下列说法正确的是(　　)



A. 气体自发扩散前后内能相同

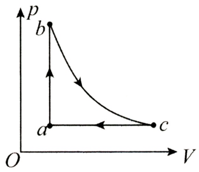
B. 气体在被压缩的过程中内能增大

C. 在自发扩散过程中，气体对外界做功

D. 气体在被压缩的过程中，外界对气体做功

E. 气体在被压缩的过程中，气体分子的平均动能不变

12. 如图，一定质量的理想气体从状态 a 出发，经过等容过程 ab 到达状态 b，再经过等温过程 bc 到达状态 c，最后经等压过程 ca 回到状态 a。下列说法正确的是(　　)



A. 在过程 ab 中气体的内能增加

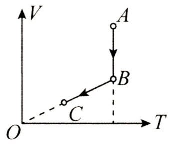
B. 在过程 ca 中外界对气体做功

C. 在过程 ab 中气体对外界做功

D. 在过程 bc 中气体从外界吸收热量

E. 在过程 ca 中气体从外界吸收热量

13. 一定质量的理想气体从状态 A 经过状态 B 变化到状态 C，其 $V—T$ 图象如图所示。下列说法正确的有(　　)



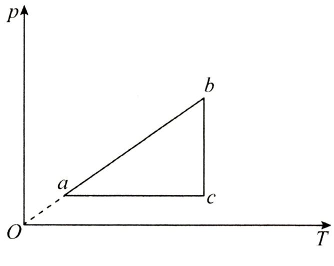
A. $A \to B$ 的过程中，气体对外界做功

B. $A \to B$ 的过程中，气体放出热量

C. $B \to C$ 的过程中，气体压强不变

D. $A \to B \to C$ 的过程中，气体内能增加

14. 一定量的理想气体从状态 O 开始，经历三个过程 ab、bc、ca 回到原状态，其 $p-T$ 图象如图所示。下列判断正确的是(　　)



A. 过程 ab 中气体一定吸热

B. 过程 bc 中气体既不吸热也不放热

C. 过程 ca 中外界对气体所做的功等于气体所放的热量

D. a、b 和 c 三个状态中，状态 a 分子的平均动能最小

E. b 和 c 两个状态中，容器壁单位面积单位时间内受到气体分子撞击的次数不同

15. 某驾驶员发现中午时车胎内的气压高于清晨时的，且车胎体积增大。若这段时间胎内气体质量不变且可视为理想气体，那么（　　）

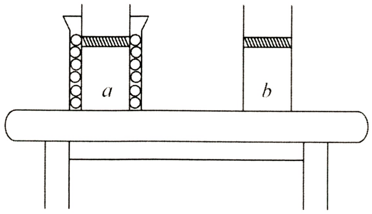
A. 外界对胎内气体做功，气体内能减小

B. 外界对胎内气体做功，气体内能增大

C. 胎内气体对外界做功，内能减小

D. 胎内气体对外界做功，内能增大

16. 如图所示，质量为 m 的活塞将一定质量的气体封闭在汽缸内，活塞与汽缸之间无摩擦，a 态是汽缸放在冰水混合物中气体达到的平衡状态，b 态是汽缸从容器中移出后，在室温（27 ℃）中达到的平衡状态，气体从 a 态变化到 b 态的过程中大气压强保持不变。若忽略气体分子之间的势能，下列说法中正确的是（　　）



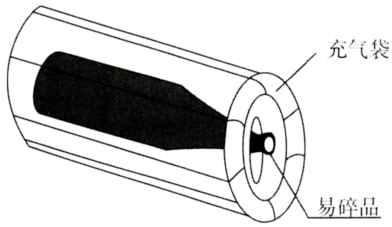
A. 与 b 态相比，a 态的气体分子在单位时间内撞击活塞的个数较多

B. 与 a 态相比，b 态的气体分子在单位时间内对活塞的冲量较大

C. 在相同时间内，a、b 两态的气体分子对活塞的冲量相等

D. 从 a 态到 b 态，气体的内能增加，外界对气体做功，气体向外界释放了热量

17. 用密封性好、充满气体的塑料袋包裹易碎品，如图所示，充气袋四周被挤压时，假设袋内气体与外界无热交换，则袋内气体（　　）



A. 体积减小，内能增大

B. 体积减小，压强减小

C. 对外界做负功，内能增大

D. 对外界做正功，压强减小

18. 关于一定量的气体，下列说法正确的是（　　）

A. 气体的体积指的是该气体的分子所能到达的空间的体积，而不是该气体所有分子的体积之和

B. 只要能减弱气体分子热运动的剧烈程度，气体的温度就可以降低

C. 在完全失重的情况下，气体对容器壁的压强为零

D. 气体从外界吸收热量，其内能一定增加

E. 气体在等压膨胀过程中温度一定升高

19. 景颇族的祖先发明的点火器如图所示，用牛角做套筒，木制推杆前端粘着艾绒。猛推推杆，艾绒即可点燃。对筒内封闭的气体，在此压缩过程中（　　）



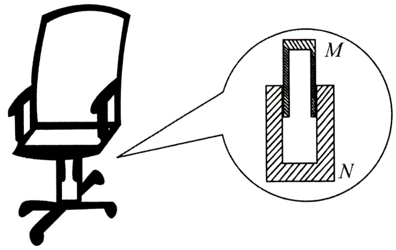
A. 气体温度升高，压强不变

B. 气体温度升高，压强变大

C. 气体对外界做正功，气体内能增加

D. 外界对气体做正功，气体内能减少

20. 如图为某种椅子与其升降部分的结构示意图，M、N 两筒间密闭了一定质量的气体，M 可沿 N 的内壁上下滑动，设筒内气体不与外界发生热交换，在 M 向下滑动的过程中（　　）



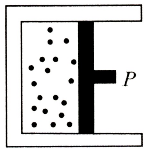
A. 外界对气体做功，气体内能增大

B. 外界对气体做功，气体内能减小

C. 气体对外界做功，气体内能增大

D. 气体对外界做功，气体内能减小

21. 如图是密闭的汽缸，外力推动活塞 P 压缩气体，对缸内气体做功 800 J，同时气体向外界放热 200 J，缸内气体的（　　）



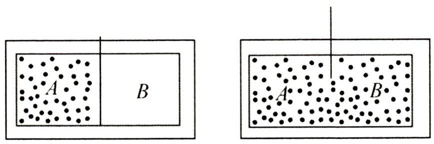
A. 温度升高，内能增加 600 J

B. 温度升高，内能减少 200 J

C. 温度降低，内能增加 600 J

D. 温度降低，内能减少 200 J

22. 用隔板将一绝热容器隔成 A 和 B 两部分，A 中盛有一定质量的理想气体，B 为真空（如图①）。现把隔板抽去，A 中的气体自动充满整个容器（如图②），这个过程称为气体的自由膨胀。下列说法正确的是（　　）



图①　　图②

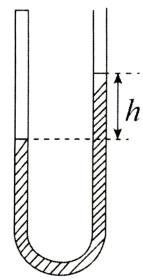
A. 自由膨胀过程中，气体分子只做定向运动

B. 自由膨胀前后，气体的压强不变

C. 自由膨胀前后，气体的温度不变

D. 容器中的气体在足够长的时间内，能全部自动回到 A 部分

23. 如图所示，一定质量的空气被水银封闭在静置于竖直平面的 U 形玻璃管内，右管上端开口且足够长，右管内水银面比左管内水银面高 h，能使 h 变大的原因是（　　）



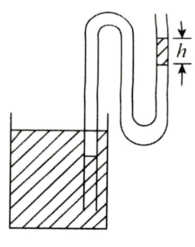
A. 环境温度升高

B. 大气压强升高

C. 沿管壁向右管内加水银

D. U 形玻璃管自由下落

24. 如图所示，两端开口的弯管，左管插入水银槽中，右管有一段高为 h 的水银柱，中间封有一段空气，则（　　）



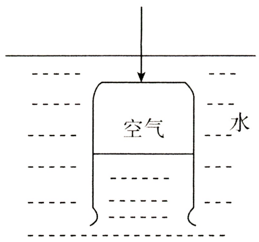
A. 弯管左管内外水银面的高度差为 h

B. 若把弯管向上移动少许，则管内气体体积增大

C. 若把弯管向下移动少许，则右管内的水银柱沿管壁上升

D. 若环境温度升高，则右管内的水银柱沿管壁上升

25. 如图，某同学将空的薄金属筒开口向下压入水中。设水温均匀且恒定，筒内空气无泄漏，不计气体分子间相互作用，则被淹没的金属筒在缓慢下降过程中，筒内空气体积减小且(　　)



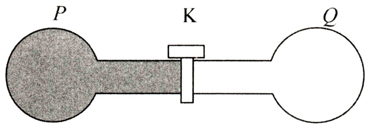
A. 从外界吸热

B. 内能增大

C. 向外界放热

D. 内能减小

26. 如图所示，两个相通的容器 P、Q 间装有阀门 K，P 中充满气体，Q 为真空，整个系统与外界没有热交换。打开阀门 K 后，P 中的气体进入 Q 中，最终达到平衡，则(　　)



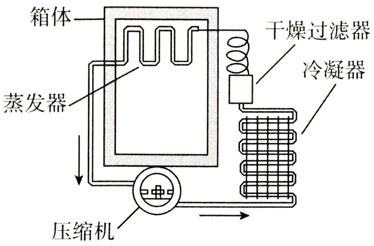
A. 气体体积膨胀，内能增加

B. 气体分子势能减少，内能增加

C. 气体分子势能增加，压强可能不变

D. Q 中气体不可能自发地全部退回到 P 中

27. 如图所示为电冰箱的工作原理示意图。压缩机工作时，强迫致冷剂在冰箱内外的管道中不断循环。在蒸发器中致冷剂汽化吸收箱体内的热量，经过冷凝器时致冷剂液化，放出热量到箱体外。下列说法正确的是(　　)



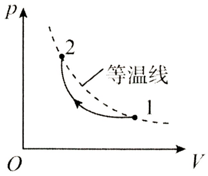
A. 热量可以自发地从冰箱内传到冰箱外

B. 电冰箱的致冷系统能够不断地把冰箱内的热量传到外界，是因为其消耗了电能

C. 电冰箱的工作原理不违反热力学第一定律

D. 电冰箱的工作原理违反热力学第一定律

28. 已知理想气体的内能与温度成正比。如图所示的实线为汽缸内一定质量的理想气体由状态 1 到状态 2 的变化曲线，则在整个过程中汽缸内气体的内能(　　)



A. 先增大后减小　　B. 先减小后增大　　C. 单调变化　　D. 保持不变

29. 关于永动机和热力学定律的讨论，下列叙述正确的是(　　)

A. 第二类永动机违反能量守恒定律

B. 如果物体从外界吸收了热量，则物体的内能一定增加

C. 外界对物体做功，则物体的内能一定增加

D. 做功和热传递都可以改变物体的内能，但从能量转化或转移的观点来看这两种改变方式是有区别的

30. 下列关于热现象的描述正确的是(　　)

A. 根据热力学定律可知，热机的效率可以达到 100%

B. 做功和热传递都是通过能量转化的方式改变系统内能的

C. 温度是描述热运动的物理量，一个系统与另一个系统达到热平衡时两系统温度相同

D. 物体由大量分子组成，其单个分子的运动是无规则的，大量分子的运动也是无规律的

专题十五　机械振动　机械波

典例剖析

考点 1　简谐运动——弹簧振子

【例 1】一振子沿 x 轴做简谐运动，平衡位置在坐标原点。$t=0$ 时振子的位移为 -0.1 m，$t=1$ s 时位移为 0.1 m，则(　　)

A. 若振幅为 0.1 m，振子的周期可能为 $\frac{2}{3}$ s

B. 若振幅为 0.1 m，振子的周期可能为 $\frac{4}{5}$ s

C. 若振幅为 0.2 m，振子的周期可能为 4 s

D. 若振幅为 0.2 m，振子的周期可能为 6 s

解析

答案：AD

解析：若振幅为 0.1 m，由题意知，$\Delta t=\left(n+\frac{1}{2}\right)T$，$n=0,1,2,\cdots$，解得 $T=\frac{2}{2n+1}$ s，$n=0,1,2,\cdots$，A 项正确，B 项错误；若振幅为 0.2 m，$t=0$ 时，由质点简谐运动表达式 $y=0.2\sin\left(\frac{2\pi}{T}t+\varphi_0\right)$m 可知，$0.2\sin\varphi_0$ m$=-0.1$ m，$t=1$ s 时，有 $0.2\sin\left(\frac{2\pi}{T}+\varphi_0\right)m=0.1$ m，解得 $\varphi_0=-\frac{\pi}{6}$ 或 $\varphi_0=-\frac{5\pi}{6}$；将 $T=6$ s 代入 $0.2\sin\left(\frac{2\pi}{T}+\varphi_0\right)m=0.1$ m 可得，D 项正确；将 $T=4$ s 代入 $0.2\sin\left(\frac{2\pi}{T}+\varphi_0\right)m=0.1$ m，得 $T=4$ s 不满足题意，C 项错误。

感悟方法：弹簧振子的运动具有时间的周期性。

考点 2　简谐运动——单摆

【例 2】做简谐振动的单摆摆长不变，若摆球质量增加为原来的 4 倍，摆球经过平衡位置时速度减小为原来的 $\frac{1}{2}$，则单摆振动的(　　)

A. 频率、振幅都不变　　　　B. 频率、振幅都改变

C. 频率不变、振幅改变　　　　D. 频率改变、振幅不变

解析

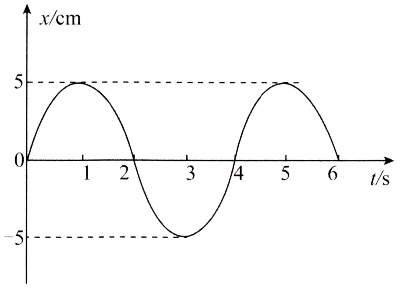
答案：C

解析：由单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$，可知，单摆摆长不变，则周期不变，频率不变；振幅 A 是反映单摆运动过程中的能量大小的物理量，由 $E_k=\frac{1}{2}mv^2$ 可知，摆球经过平衡位置时的动能不变，质量改变，最大高度改变，因此振幅改变，所以 C 正确。

感悟方法：单摆与弹簧振子的周期决定因素不同，弹簧振子的周期与振子的质量有关，单摆的周期与摆球的质量无关。

考点 3　简谐运动的图象

【例 3】某弹簧振子沿 x 轴的简谐运动图象如图所示，下列描述正确的是(　　)



A. $t=1$ s 时，振子的速度为零，加速度为负的最大值

B. $t=2$ s 时，振子的速度为负，加速度为正的最大值

C. $t=3$ s 时，振子的速度为负的最大值，加速度为零

D. $t=4$ s 时，振子的速度为正，加速度为负的最大值

解析

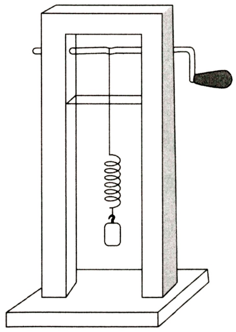
答案：A

解析：$t=1$ s 时，振子在正的最大位移处，振子的速度为零，由 $a=\frac{-kx}{m}$ 知，加速度为负的最大值，A 项正确；$t=2$ s 时，振子位于平衡位置，加速度为零，B 项错误；$t=3$ s 时，振子在负的最大位移处，加速度为正的最大值，C 项错误；$t=4$ s 时，振子位于平衡位置，加速度为零，D 项错误。

感悟方法：解决图象问题，可以将图象与实际情况联系起来，也可以运用数形结合的策略，根据 $a=\frac{-kx}{m}$，将加速度 a 与位移 x 联系起来。

考点 4　受迫振动和共振

【例 4】如图所示的装置，弹簧振子的固有频率是 4 Hz。现匀速转动把手，给弹簧振子以周期性的驱动力，测得弹簧振子振动达到稳定时的频率为 1 Hz，则把手转动的频率为(　　)



A. 1 Hz　　B. 3 Hz　　C. 4 Hz　　D. 5 Hz

解析

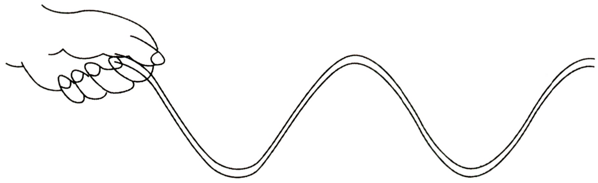
答案：A

解析：本题考查受迫振动的特点，意在考查考生对受迫振动特点的掌握情况。弹簧振子做受迫振动，因此振动频率等于驱动力的频率，即为 1 Hz，A 正确。

感悟方法：要注意受迫振动与共振的区别与联系，共振是受迫振动的一种特殊状态。

考点 5　波的传播特性

【例 5】手持较长软绳端点 O 以周期 T 在竖直方向上做简谐运动，带动绳上的其他质点振动形成简谐波沿绳水平传播，示意如图。绳上有另一质点 P，且 O、P 的平衡位置间距为 L。$t=0$ 时，O 位于最高点，P 的位移恰好为零，速度方向竖直向上，下列判断正确的是(　　)



A. 该简谐波是纵波

B. 该简谐波的最大波长为 $2L$

C. $t=\frac{T}{8}$时，P 在平衡位置上方

D. $t=\frac{3T}{8}$时，P 的速度方向竖直向上

●解析

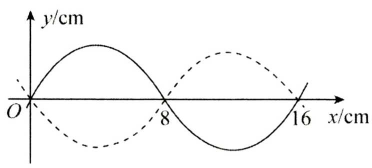
答案：C

解析：振动方向与传播方向垂直，故该简谐波是横波，A 错误；P 距离 O 的最近距离 $L=\frac{1}{4}\lambda$，所以最大波长等于 $4L$，B 错误；经过$\frac{1}{4}T$，P 位于波峰，所以$\frac{1}{8}T$ 时，P 在平衡位置上方，C 正确；在$\frac{3}{8}T$ 时，P 正在从波峰回到平衡位置，速度方向竖直向下，D 错误。

感悟方法：对于波的传播过程，我们要紧紧抓住两点：从微观来看，每个质点都在做受迫振动，是靠近波源的质点带动远离波源的质点；从宏观看，整个波形是整体沿着波的传播方向平移的。

考点 6　波的周期性

【例 6】一列简谐横波沿 x 轴正方向传播，在 $t=0$ 和 $t=0.20$ s 时的波形分别如图中实线和虚线所示。已知该波的周期 $T>0.20$ s。下列说法正确的是(　　)



A. 波速为 0.40 m/s

B. 波长为 0.08 m

C. $x=0.08$ m 的质点在 $t=0.70$ s 时位于波谷

D. $x=0.08$ m 的质点在 $t=0.12$ s 时位于波谷

E. 若此波传入另一介质中其波速变为 0.80 m/s，则它在该介质中的波长为 0.32 m

●解析

答案：ACE

解析：根据波形图可知，波长 $\lambda=16$ cm$=0.16$ m，选项 B 错误；根据 $t=0$ 时刻和 0.20 s 时刻的波形图和该波的周期 $T>0.20$ s 可知，该波的周期 $T=0.40$ s，波速 $v=\frac{\lambda}{T}=0.40$ m/s，选项 A 正确；简谐波沿 x 轴正方向传播，$x=0.08$ m 的质点在 $t=0$ 时刻沿 y 轴正方向振动，在 $t=0.70$ s 时位于波谷，在 $t=0.12$ s 时位于 $y>0$ 的某位置(不是位于波谷)，选项 C 正确，D 错误；若此波传入另一介质中，周期 T 不变，其波速变为 $v'=0.80$ m/s，由 $\lambda'=v'T$ 可得它在该介质中的波长为 $\lambda'=0.80\times0.4$ m$=0.32$ m，选项 E 正确。

感悟方法：对于波的传播，我们要紧紧抓住时间与空间的周期性特点。

考点 7　双向波问题

【例 7】由波源 S 形成的简谐横波在均匀介质中向左、右传播。波源振动的频率为 20 Hz，波速为 16 m/s。已知介质中 P、Q 两质点位于波源 S 的两侧，且 P、Q 和 S 的平衡位置在一条直线上，P、Q 的平衡位置到 S 的平衡位置之间的距离分别为 15.8 m、14.6 m，P、Q 开始振动后，下列判断正确的是(　　)

A. P、Q 两质点运动的方向始终相同

B. P、Q 两质点运动的方向始终相反

C. 当 S 恰好通过平衡位置时，P、Q 两点也正好通过平衡位置

D. 当 S 恰好通过平衡位置向上运动时，P 在波峰

E. 当 S 恰好通过平衡位置向下运动时，Q 在波峰

●解析

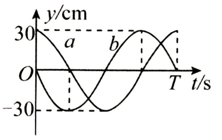
答案：BDE

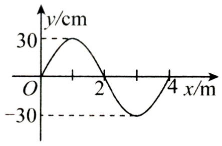
解析：由 $v=\lambda f$ 可知，波的波长为 $\lambda=\frac{v}{f}=0.8$ m，$x_{PS}=\left(19+\frac{3}{4}\right)\lambda$，$x_{QS}=\left(18+\frac{1}{4}\right)\lambda$，根据波传播的周期性可知，$P$、$Q$ 两质点的振动情况正好相反，即运动方向始终相反，A 项错误，B 项正确；距离相差半波长整数倍的两点，同时通过平衡位置，而 P、Q 两质点与 S 的距离不为半波长的整数倍，C 项错误；由波的传播特点知，波源经过平衡位置向上运动时，距其 $\left(n+\frac{3}{4}\right)\lambda$ 的点在波峰位置，D 项正确；波源经过平衡位置向下运动时，距其 $\left(n+\frac{1}{4}\right)\lambda$ 的点在波峰位置，E 项正确。

感悟方法：对于"双向波"，我们要注意抓住空间上的对称特点。

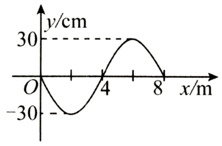
考点 8　由振动图象来画波动图象

【例 8】一列简谐横波沿直线传播，该直线上平衡位置相距 9 m 的 a、b 两质点的振动图象如图所示。下列描述该波的图象可能正确的是(　　)

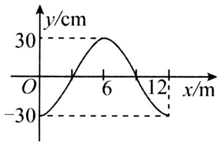




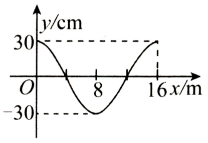
A



B



C



D

●解析

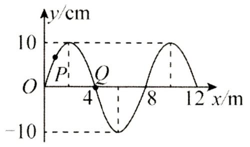
答案：AC

解析：由振动图象可知，a 在正的最大位移处时，b 在平衡位置向 y 轴负方向运动。如果波从 a 传播到 b，则 $9=\left(\frac{3}{4}+n\right)\lambda$（其中 $n=0,1,2,\cdots$），波长可能为 12 m、$\frac{36}{7}$ m、$\frac{36}{11}$ m，…，如果波从 b 传播到 a，则 $9=\left(\frac{1}{4}+n\right)\lambda$（其中 $n=0,1,2,\cdots$），则波长可能为 36 m，$\frac{36}{5}$ m，4 m，$\frac{36}{11}$ m，…，可见，只有 A、C 图是可能的。

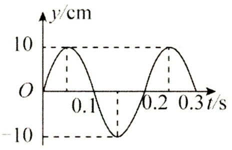
感悟方法：根据振动图象可以获得波动的振幅、周期信息；根据振动图象可以获得波动的质点振动与波动的方向关系。

考点 9　振动图象与波动图象的配合

【例 9】图(a)为一列简谐横波在 $t=0.10$ s 时刻的波形图，P 是平衡位置在 $x=1.0$ m 处的质点，Q 是平衡位置在 $x=4.0$ m 处的质点；图(b)为质点 Q 的振动图象，下列说法正确的是(　　)



图(a)



图(b)

A. 在 $t=0.10$ s 时，质点 Q 向 y 轴正方向运动

B. 在 $t=0.25$ s 时，质点 P 的加速度方向与 y 轴正方向相同

C. 从 $t=0.10$ s 到 $t=0.25$ s，该波沿 x 轴负方向传播了 6 m

D. 从 $t=0.10$ s 到 $t=0.25$ s，质点 P 通过的路程为 30 cm

E. 质点 Q 简谐运动的表达式为 $y=0.10\sin 10\pi t$(国际单位制)

●解析

答案：BCE

解析：本题考查波的传播规律、波形图、振动图象等，意在考查考生对简谐运动规律的理解和应用能力及从波形图、振动图象中读取物理信息的能力，由振动图象可知，在 $t=0.10$ s 时，质点 Q 向 y 轴负方向运动，A 项错误；结合波形图及质点运动方向与波的传播方向的“上坡下、下坡上”规律可知，波沿 x 轴负方向传播，题图(a)中质点 P 经 $\Delta t=0.25\ \text{s}-0.10\ \text{s}=0.15\ \text{s}=\frac{3}{4}T$ 时间，位移变为负值，即此时质点 P 的加速度方向沿 y 轴正方向，B 项正确；波在 $\frac{3}{4}T$ 时间内沿 x 轴负方向传播 $\frac{3}{4}\lambda=6$ m，C 项正确；任意质点在半个周期内通过的路程为 2 倍振幅，即 20 cm，从平衡位置或最大位移处开始，$\frac{1}{4}T$ 时间内通过的路程等于振幅，而题图(a)中质点 P 在半个周期后，已经过平衡位置并向负的最大位移处运动，$\frac{1}{4}T$ 时间内通过的路程小于振幅，所以 D 项错误；由振动图象，质点 Q 的振幅 $A=10\ \text{cm}=0.10$ m，周期为 0.2 s，$\omega=\frac{2\pi}{T}=10\pi$ rad/s，所以其运动表达式为 $y=A\sin\omega t=0.10\sin 10\pi t$(m)，E 项正确。

感悟方法：要抓住振动图象与波动图象的联系。

考点 10　波的叠加

【例 10】两列振动方向相同、振幅分别为 A_1 和 A_2 的相干简谐横波相遇。下列说法正确的是(　　)

A. 波峰与波谷相遇处质点的振幅为 $|A_1-A_2|$

B. 波峰与波峰相遇处质点离开平衡位置的位移始终为 A_1+A_2

C. 波峰与波谷相遇处质点的位移总是小于波峰与波峰相遇处质点的位移

D. 波峰与波峰相遇处质点的振幅一定大于波峰与波谷相遇处质点的振幅

●解析

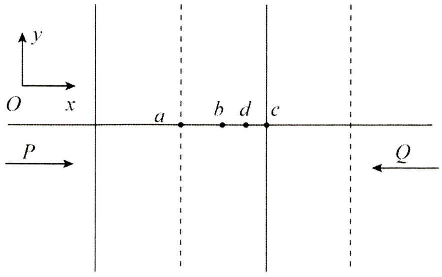
答案：AD

解析：本题考查了波的干涉、波的叠加规律等知识点，意在考查考生的逻辑分析能力。空间某一质点的位移等于两列波同时在该点引起位移的矢量和，对于相干波源在某一点是加强点，说明两列波在该点振动方向始终一致，但该质点的位移不是始终不变的，选项 B 错误；波峰和波谷相遇处的点是减弱点，两列波在该点振动方向始终相反，但其合位移不一定总小于加强点的位移，选项 C 错误；加强点处的质点的振幅为 A_1+A_2，减弱点处的质点的振幅为 $|A_1-A_2|$，选项 A、D 正确。

感悟方法：空间某一质点的位移、速度等于两列波同时在该点引起的位移、速度的矢量和。

考点 11　波的干涉

【例 11】两列频率相同、振幅均为 A 的简谐横波 P、Q 分别沿 $+x$ 和 $-x$ 轴方向在同一介质中传播，两列波的振动方向均沿 y 轴，某时刻两波的波面如图所示，实线表示 P 波的波峰、Q 波的波谷；虚线表示 P 波的波谷、Q 波的波峰。a、b、c 为三个等间距的质点，d 为 b、c 中间的质点。下列判断正确的是(　　)



A. 质点 a 的振幅为 $2A$　　　　B. 质点 b 始终静止不动

C. 图示时刻质点 c 的位移为 0　　　　D. 图示时刻质点 d 的振动方向沿 $-y$ 轴

●解析

答案：CD

解析：由题意知，两列波频率相等、波长相等，实线表示 P 波的波峰、Q 波的波谷，虚线表示 P 波的波谷、Q 波的波峰，故 a、c 两点为减弱点，b 点为加强点，由于振幅均为 A，所以 a、c 两点始终静止不动，则选项 A、B 错误，C 正确；题图图示的时刻 d 点处 P 波向下运动，Q 波向下运动，所以质点 d 沿着 y 轴负方向振动，则选项 D 正确。

感悟方法：要注意区分波的叠加与波的干涉的区别与联系：叠加是波的特有现象，干涉是叠加的一种特殊现象。

考点 12　波的衍射

【例 12】利用发波水槽得到的水面波形如图(a)(b)所示，则(　　)

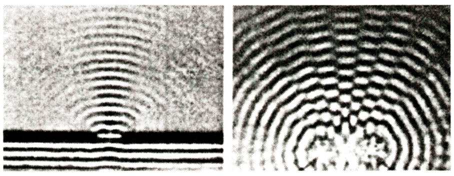


图 (a)　　　　图 (b)

A. 图(a)(b)均显示了波的干涉现象

B. 图(a)(b)均显示了波的衍射现象

C. 图(a)显示了波的干涉现象，图(b)显示了波的衍射现象

D. 图(a)显示了波的衍射现象，图(b)显示了波的干涉现象

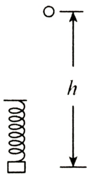
●解析

答案：D

解析：图(a)表明波通过狭缝后发生衍射；图(b)中出现稳定的振动加强和振动减弱区域，是波的干涉现象，所以 D 正确。

感悟方法：本题考查波的衍射、波的干涉，意在考查考生对波的衍射和波的干涉演示实验的理解能力。

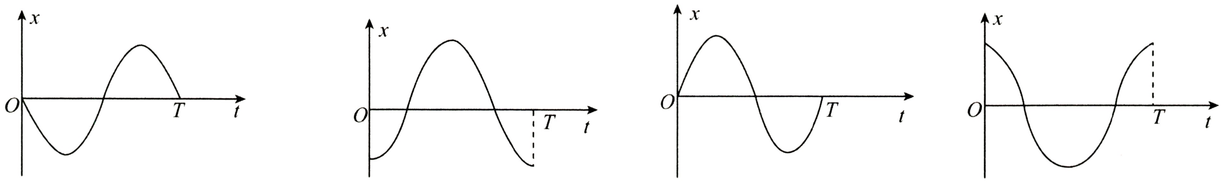
1. 如图，轻弹簧上端固定，下端连接一小物块，物块沿竖直方向做简谐运动。以竖直向上为正方向，物块做简谐运动的表达式为 $y=0.1\sin(2.5\pi t)$ m。$t=0$ 时刻，一小球从距物块 h 高处自由落下；$t=0.6$ s 时，小球恰好与物块处于同一高度。取重力加速度的大小为 $g=10$ m/s^2，以下判断正确的是(　　)



A. $h=1.7$ m　　B. 简谐运动的周期是 0.8 s

C. 0.6 s 内物块运动的路程是 0.2 m　　D. $t=0.4$ s 时，物块与小球运动方向相反

2. 一个弹簧振子沿 x 轴做简谐运动，取平衡位置 O 为 x 轴坐标原点。从某时刻开始计时，经过四分之一周期，振子具有沿 x 轴正方向的最大加速度。能正确反映振子位移 x 与时间 t 关系的图象是(　　)



A　　B　　C　　D

3. A、B 两列波在某时刻的波形如图所示，经过 $t=T_A$ 时间(T_A 为波 A 的周期)，两波再次出现如图所示波形，则两波的波速之比 $v_A:v_B$ 不可能是(　　)



A. 1∶3　　B. 1∶2　　C. 2∶1　　D. 3∶1

4. 一弹簧振子做简谐振动，周期为 T，则(　　)

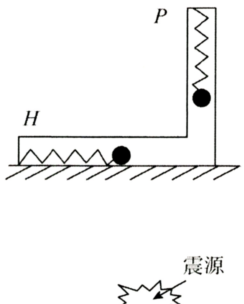
A. 若 t 时刻和 $(t+\Delta t)$ 时刻振子运动位移的大小相等、方向相同，则 Δt 一定等于 T 的整数倍

B. 若 t 时刻和 $(t+\Delta t)$ 时刻振子运动的速度的大小相等、方向相反，则 Δt 一定等于 $\frac{T}{2}$ 的整数倍

C. 若 $\Delta t=T$，则在 t 时刻和 $(t+\Delta t)$ 时刻振子运动的加速度一定相等

D. 若 $\Delta t=\frac{T}{2}$，则在 t 时刻和 $(t+\Delta t)$ 时刻弹簧的长度一定相等

5. 某地区地震波中的横波和纵波传播速率分别约为 4 km/s 和 9 km/s。一种简易地震仪由竖直弹簧振子 P 和水平弹簧振子 H 组成(如图所示)。在一次地震中，震源在地震仪下方，观察到两振子相差 5 s 开始振动，则(　　)



A. P 先开始振动，震源距地震仪约 36 km

B. P 先开始振动，震源距地震仪约 25 km

C. H 先开始振动，震源距地震仪约 36 km

D. H 先开始振动，震源距地震仪约 25 km

6. 某质点做简谐运动，其位移随时间变化的关系式为 $x=A\sin\frac{\pi}{4}t$，则质点(　　)

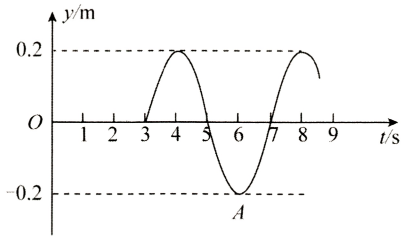
A. 第 1 s 末与第 3 s 末的位移相同

B. 第 1 s 末与第 3 s 末的速度相同

C. 3 s 末至 5 s 末的位移方向都相同

D. 3 s 末至 5 s 末的速度方向都相同

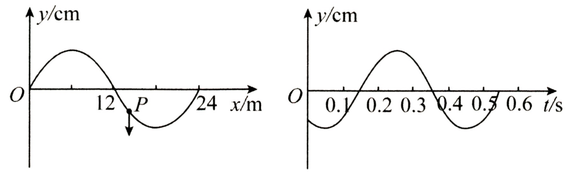
7. 一列简谐横波沿直线传播，以波源 O 由平衡位置开始振动为计时起点，质点 A 的振动图象如图所示。已知 O、A 的平衡位置相距 0.9 m。以下判断正确的是(　　)



A. 波长为 1.2 m　　B. 波源起振方向沿 y 轴正方向

C. 波速大小为 0.4 m/s　　D. 质点 A 的动能在 $t=4$ s 时最大

8. 一列简谐波沿 x 轴传播，$t=0$ 时刻的波形如图甲所示，此时质点 P 正沿 y 轴负方向运动，其振动图象如图乙所示，则该波的传播方向和波速分别是(　　)



甲　　乙

A. 沿 x 轴负方向，60 m/s　　B. 沿 x 轴正方向，60 m/s

C. 沿 x 轴负方向，30 m/s　　D. 沿 x 轴正方向，30 m/s

9. 图(a)为一列简谐横波在 $t=2$ s 时的波形图。图(b)为介质中平衡位置在 $x=1.5$ m 处的质点的振动图象，P 是平衡位置为 $x=2$ m 的质点。下列说法正确的是(　　)

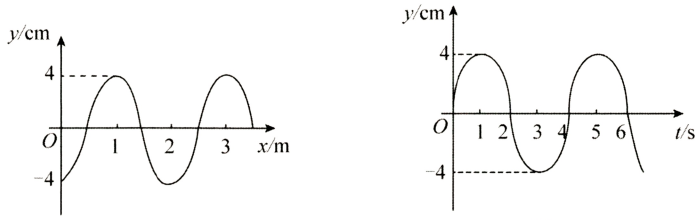


图 (a)　　图 (b)

A. 波速为 0.5 m/s

B. 波的传播方向向右

C. 0～2 s 时间内，P 运动的路程为 8 cm

D. 0～2 s 时间内，P 向 y 轴正方向运动

E. 当 $t=7$ s 时，P 恰好回到平衡位置

10. 一简谐机械横波沿 x 轴正方向传播，波长为 λ，周期为 T，$t=0$ 时刻的波形如图 1 所示，a、b 是波上的两个质点。图 2 是波上某一质点的振动图象。下列说法正确的是(　　)

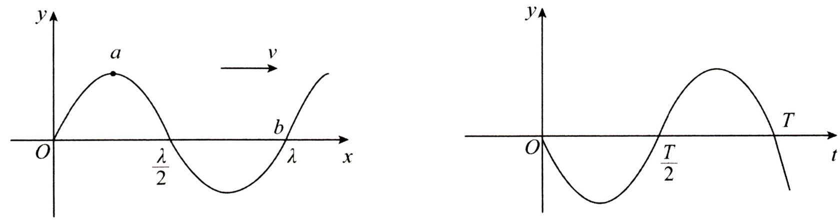


图1　　图2

A. $t=0$ 时质点 a 的速度比质点 b 的大　　B. $t=0$ 时质点 a 的加速度比质点 b 的小

C. 图 2 可以表示质点 a 的振动　　D. 图 2 可以表示质点 b 的振动

11. 一简谐横波沿 x 轴正向传播，图 1 表示 $t=0$ 时刻的波形图，图 2 是介质中某质点的振动图象，则该质点的 x 坐标值合理的是(　　)

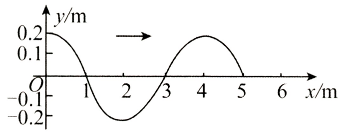


图1

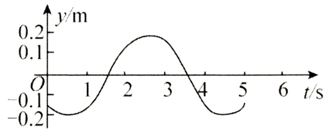


图2

A. 0.5 m　　B. 1.5 m　　C. 2.5 m　　D. 3.5 m

12. 图 1 是一列简谐横波在 $t=1.25$ s 时的波形图，已知 c 位置的质点比 a 位置的质点晚 0.5 s 起振。则图 2 所示振动图象对应的质点可能位于(　　)

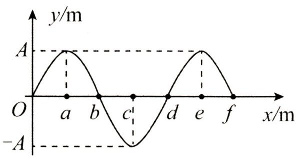


图1

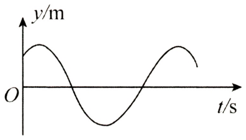
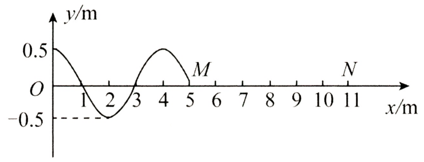


图2

A. $a<x<b$　　B. $b<x<c$　　C. $c<x<d$　　D. $d<x<e$

13. 一列简谐横波沿 x 轴正向传播，传到 M 点时波形如图所示，再经 0.6 s，N 点开始振动，则该波的振幅 A 和频率 f 为(　　)



A. $A=1$ m，$f=5$ Hz　　B. $A=0.5$ m，$f=5$ Hz

C. $A=1$ m，$f=2.5$ Hz　　D. $A=0.5$ m，$f=2.5$ Hz

14. 一位游客在千岛湖边欲乘坐游船，当日风浪较大，游船上下浮动。可把游船浮动简化成竖直方向的简谐运动，振幅为 20 cm，周期为 3.0 s。当船上升到最高点时，甲板刚好与码头地面平齐，地面与甲板的高度差不超过 10 cm 时，游客能舒服地登船。在一个周期内，游客能舒服登船的时间是(　　)

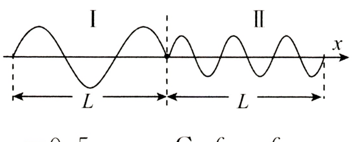
A. 0.5 s　　B. 0.75 s　　C. 1.0 s　　D. 1.5 s

15. 如图，一简谐横波在 x 轴上传播，轴上 a、b 两点相距 12 m。$t=0$ 时 a 点为波峰，b 点为波谷；$t=0.5$ s 时 a 点为波谷，b 点为波峰。则下列判断中正确的是(　　)



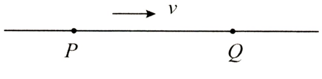
A. 波一定沿 x 轴正方向传播　　B. 波长可能是 8 m　　C. 周期可能是 0.5 s　　D. 波速一定是 24 m/s

16. 如图所示，位于介质Ⅰ和Ⅱ分界面上的波源 S，产生两列分别沿 x 轴负方向与正方向传播的机械波。若在两种介质中波的频率及传播速度分别为 f_1、f_2 和 v_1、v_2，则(　　)



A. $f_1=2f_2$，$v_1=v_2$　　B. $f_1=f_2$，$v_1=0.5v_2$　　C. $f_1=f_2$，$v_1=2v_2$　　D. $f_1=0.5f_2$，$v_1=v_2$

17. 如图所示，一列简谐横波向右传播，P、Q 两质点平衡位置相距 0.15 m。当 P 运动到上方最大位移处时，Q 刚好运动到下方最大位移处，则这列波的波长可能是(　　)



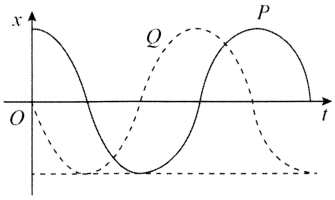
A. 0.60 m　　B. 0.30 m　　C. 0.20 m　　D. 0.15 m

18. 简谐横波在同一均匀介质中沿 x 轴正方向传播，波速为 v。若某时刻在波的传播方向上，位于平衡位置的两质点 a、b 相距为 s，a、b 之间只存在一个波谷，则从该时刻起，下列四幅波形图中质点 a 最早到达波谷的是(　　)



A　　　　B　　　　C　　　　D

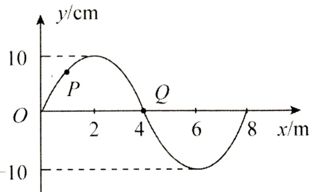
19. 图中实线和虚线分别表示一列简谐横波在传播方向上相距 3 m 的两质点 P 和 Q 的振动图象。该波的波长不可能为(　　)



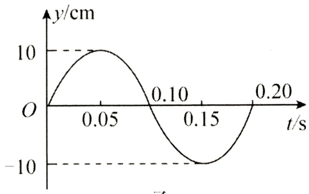
A. $\frac{12}{5}$ m　　　　B. $\frac{4}{3}$ m

C. $\frac{4}{5}$ m　　　　D. $\frac{5}{4}$ m

20. 图甲为一列简谐横波在 $t=0.10$ s 时刻的波形图，P 是平衡位置为 $x=1$ m 处的质点，Q 是平衡位置为 $x=4$ m 处的质点，图乙为质点 Q 的振动图象，则(　　)



甲



乙

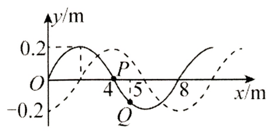
A. $t=0.15$ s 时，质点 Q 的加速度达到正向最大

B. $t=0.15$ s 时，质点 P 的运动方向沿 y 轴负方向

C. 从 $t=0.10$ s 到 $t=0.25$ s，该波沿 x 轴正方向传播了 6 m

D. 从 $t=0.10$ s 到 $t=0.25$ s，质点 P 通过的路程为 30 cm

21. 如图所示为一列沿 x 轴负方向传播的简谐横波，实线为 $t=0$ 时刻的波形图，虚线为 $t=0.6$ s 时的波形图，波的周期 $T>0.6$ s，则(　　)



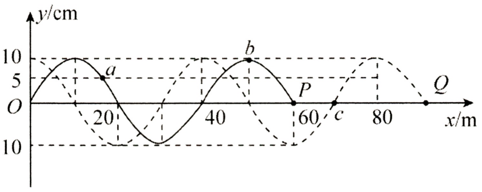
A. 波的周期为 2.4 s

B. 在 $t=0.9$ s 时，P 点沿 y 轴正方向运动

C. 经过 0.4 s，P 点经过的路程为 4 m

D. 在 $t=0.5$ s 时，Q 点到达波峰位置

22. 一列简谐横波沿 x 轴正方向传播，t 时刻波形图如图中的实线所示，此时波刚好传到 P 点，$t+0.6$ s 时刻的波形如图中的虚线所示，a、b、c、P、Q 是介质中的质点，则以下说法正确的是(　　)



A. 这列波的波速可能为 50 m/s

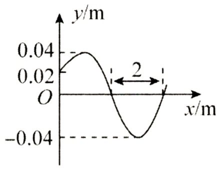
B. 质点 a 在这段时间内通过的路程一定小于 30 cm

C. 质点 c 在这段时间内通过的路程可能为 60 cm

D. 若 $T=0.8$ s，则当 $t+0.5$ s 时刻，质点 b、P 的位移相同

E. 若 $T=0.8$ s，从 $t+0.4$ s 时刻开始计时，则质点 c 的振动方程为 $y=0.1\sin\left(\frac{5}{2}\pi t\right)$(m)

23. 一简谐横波以 4 m/s 的波速沿 x 轴正方向传播。已知 $t=0$ 时的波形如图所示，则(　　)



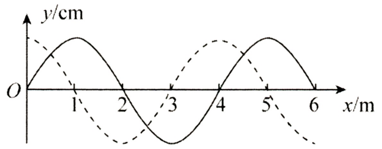
A. 波的周期为 1 s

B. $x=0$ 处的质点在 $t=0$ 时向 y 轴负方向运动

C. $x=0$ 处的质点在 $t=\frac{1}{4}$ s 时速度为 0

D. $x=0$ 处的质点在 $t=\frac{1}{4}$ s 时速度值最大

24. 如图，一列简谐横波沿 x 轴正方向传播，实线为 $t=0$ 时的波形图，虚线为 $t=0.5$ s 时的波形图。已知该简谐波的周期大于 0.5 s。关于该简谐波，下列说法正确的是(　　)



A. 波长为 2 m

B. 波速为 6 m/s

C. 频率为 1.5 Hz

D. $t=1$ s 时，$x=1$ m 处的质点处于波峰

E. $t=2$ s 时，$x=2$ m 处的质点经过平衡位置

25. 某同学漂浮在海面上，虽然水面波正平稳地以 1.8 m/s 的速率向着海滩传播，但他并不向海滩靠近。该同学发现从第 1 个波峰到第 10 个波峰通过身下的时间间隔为 15 s。下列说法正确的是(　　)

A. 水面波是一种机械波

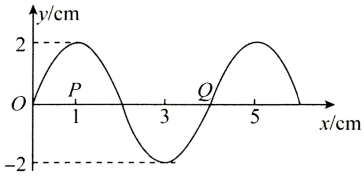
B. 该水面波的频率为 6 Hz

C. 该水面波的波长为 3 m

D. 水面波没有将该同学推向岸边，是因为波传播时能量不会传递出去

E. 水面波没有将该同学推向岸边，是因为波传播时振动的质点并不随波迁移

26. 如图为一列沿 x 轴负方向传播的简谐横波在 $t=0$ 时的波形图，当 Q 点在 $t=0$ 时的振动状态传到 P 点时，则(　　)



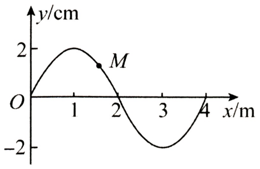
A. 1 cm$<x<$3 cm 范围内的质点正在向 y 轴的负方向运动

B. Q 处的质点此时的加速度沿 y 轴的正方向

C. Q 处的质点此时正在波峰位置

D. Q 处的质点此时运动到 P 处

27. 沿 x 轴正向传播的一列简谐横波在 $t=0$ 时刻的波形如图所示，M 为介质中的一个质点，该波的传播速度为 40 m/s，则 $t=\frac{1}{40}$ s 时(　　)



A. 质点 M 对平衡位置的位移一定为负值

B. 质点 M 的速度方向与对平衡位置的位移方向相同

C. 质点 M 的加速度方向与速度方向一定相同

D. 质点 M 的加速度与对平衡位置的位移方向相反

28. 如图，a、b、c、d 是均匀介质中 x 轴上的四个质点，相邻两点的间距依次为 2 m、4 m 和 6 m。一列简谐横波以 2 m/s 的波速沿 z 轴正方向传播，在 $t=0$ 时刻到达质点 a 处，质点 a 由平衡位置开始竖直向下运动，$t=3$ s 时 a 第一次到达最高点。下列说法正确的是(　　)



A. 在 $t=6$ s 时刻波恰好传到质点 d 处

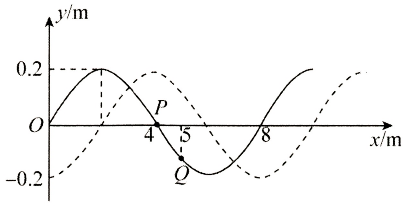
B. 在 $t=5$ s 时刻质点 c 恰好到达最高点

C. 质点 b 开始振动后，其振动周期为 4 s

D. 在 4 s$<t<$6 s 的时间间隔内质点 c 向上运动

E. 当质点 d 向下运动时，质点 b 一定向上运动

29. 图示为一列沿 x 轴负方向传播的简谐横波，实线为 $t=0$ 时刻的波形图，虚线为 $t=0.6$ s 时的波形图，波的周期 $T>0.6$ s，则(　　)



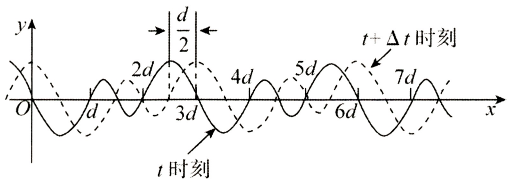
A. 波的周期为 2.4 s

B. 在 $t=0.9$ s 时，P 点沿 y 轴正方向运动

C. 经过 0.4 s，P 点经过的路程为 4 m

D. 在 $t=0.5$ s 时，Q 点到达波峰位置

30. 如图所示，实线和虚线分别为某种波在 t 时刻和 $t+\Delta t$ 时刻的波形曲线。B 和 C 是横坐标分别为 d 和 $3d$ 的两个质点，下列说法中正确的是(　　)



A. 任一时刻，如果质点 B 向上运动，则质点 C 一定向下运动

B. 任一时刻，如果质点 B 速度为零，则质点 C 的速度也为零

C. 如果波是向右传播的，则波的周期可能为 $\frac{6}{7}\Delta t$

D. 如果波是向左传播的，则波的周期可能为 $\frac{6}{13}\Delta t$

31. 如图所示，S_1、S_2 是振幅均为 A 的两个水波波源，某时刻它们形成的波峰和波谷分别由实线和虚线表示。则下列说法中正确的是(　　)

A. 两列波在相遇区域发生干涉

B. 两列波在相遇区域内发生叠加

C. 此时各点的位移是：$x_A=0$，$x_B=-2A$，$x_C=2A$

D. A 处振动始终减弱，B、C 处振动始终加强

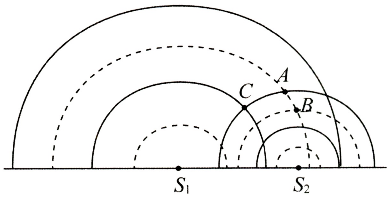
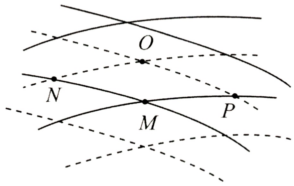


图 4

32. 如图所示，实线与虚线分别表示振幅、频率均相同的两列波的波峰和波谷。此刻，M 是波峰与波峰的相遇点，下列说法中正确的是(　　)



A. 该时刻位于 O 处的质点正处于平衡位置

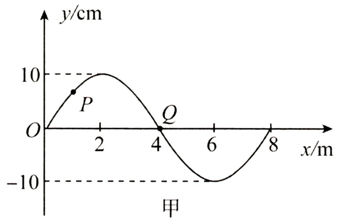
B. P、N 两处的质点始终处在平衡位置

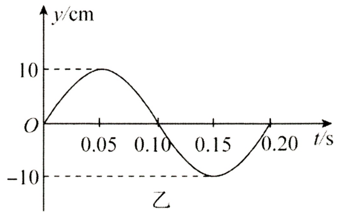
C. 随着时间的推移，M 处的质点将向 O 处移动

D. 从该时刻起，经过四分之一周期，M 处的质点到达平衡位置，此时位移为零

E. O、M 连线的中点是振动加强的点，其振幅为 $2A$

33. 图甲为一列简谐横波在 $t=0.10$ s 时刻的波形图，P 是平衡位置为 $x=1$ m 处的质点，Q 是平衡位置为 $x=4$ m 处的质点，图乙为质点 Q 的振动图象，则(　　)





A. $t=0.15$ s 时，质点 Q 的加速度达到正向最大

B. $t=0.15$ s 时，质点 P 的运动方向沿 y 轴负方向

C. 从 $t=0.10$ s 到 $t=0.25$ s，该波沿 x 轴正方向传播了 6 m

D. 从 $t=0.10$ s 到 $t=0.25$ s，质点 P 通过的路程为 30 cm

34. 一渔船向鱼群发出超声波，若鱼群正向渔船靠近，则被鱼群反射回来的超声波与发出的超声波相比(　　)

A. 波速变大　　B. 波速不变　　C. 频率变高　　D. 频率不变

35. 关于波动，下列说法正确的是(　　)

A. 各种波均会发生偏振现象

B. 用白光做单缝衍射与双缝干涉实验，均可看到彩色条纹

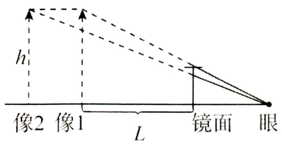
C. 声波传播过程中，介质中质点的运动速度等于声波的传播速度

D. 已知地震波的纵波速度大于横波速度，此性质可用于横波的预警

专题十六　光学　电磁波　相对论

考点 1　光的反射

【例 1】某人手持边长为 6 cm 的正方形平面镜测量身后一棵树的高度。测量时保持镜面与地面垂直，镜子与眼睛的距离为 0.4 m。在某位置时，他在镜中恰好能够看到整棵树的像；然后他向前走了 6.0 m，发现用这个镜子长度的$\frac{5}{6}$就能看到整棵树的像。这棵树的高度约为(　　)



A. 5.5 m　　B. 5.0 m

C. 4.5 m　　D. 4.0 m

解析

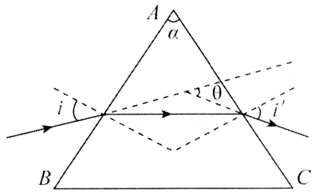
答案：C

解析：设初态时树与镜面距离为 L，成像于像 1 位置，人向前走 6 m 等效于人不动树向后退 6 m，则树成像于像 2 位置，设树高为 h，由图中几何关系有$\frac{0.4}{L+0.4}=\frac{0.06}{h}$(①式)、$\frac{0.4}{L+0.4+6}=\frac{0.05}{h}$(②式)，由①②联立解得 $h=4.5$ m，所以本题只有选项 C 正确。

感悟方法：平面镜成像问题，要抓住物、像关于平面镜的对称性。

考点 2　光的折射

【例 2】如图所示，一束单色光从空气入射到棱镜的 AB 面上，经 AB 和 AC 两个面折射后从 AC 面进入空气。当出射角 i' 和入射角 i 相等时，出射光线相对于入射光线偏转的角度为 θ。已知棱镜顶角为 α，则计算棱镜对该色光的折射率表达式为(　　)



A. $\dfrac{\sin\frac{\alpha+\theta}{2}}{\sin\frac{\alpha}{2}}$　　B. $\dfrac{\sin\frac{\alpha+\theta}{2}}{\sin\frac{\theta}{2}}$

C. $\dfrac{\sin\theta}{\sin\left(\theta-\frac{\alpha}{2}\right)}$　　D. $\dfrac{\sin\alpha}{\sin\left(\alpha-\frac{\theta}{2}\right)}$

解析

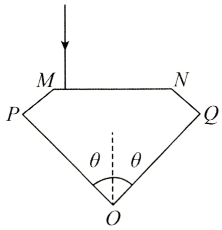
答案：A

解析：设光线在 AB 面上的折射角为 r，由几何关系 $\theta=2(i-r)$，$\alpha=2r$，从而求出 $i=\frac{\alpha+\theta}{2}$，$r=\frac{\alpha}{2}$，由折射定律$n=\frac{\sin i}{\sin r}=\dfrac{\sin\frac{\alpha+\theta}{2}}{\sin\frac{\alpha}{2}}$。只有选项 A 正确。

感悟方法：运用折射定律求折射率，一要弄清公式中各物理量的物理意义，另一个要掌握数学方法。

考点 3　光的全反射

【例 3】打磨某剖面如图所示的宝石时，必须将 OP、OQ 边与轴线的夹角 θ 切磨在 $\theta_1<\theta<\theta_2$ 的范围内，才能使从 MN 边垂直入射的光线，在 OP 边和 OQ 边都发生全反射(仅考虑如图所示的光线第一次射到 OP 边并反射到 OQ 边后射向 MN 边的情况)，则下列判断正确的是(　　)



A. 若 $\theta>\theta_2$，光线一定在 OP 边发生全反射　　B. 若 $\theta>\theta_2$，光线会从 OQ 边射出

C. 若 $\theta>\theta_1$，光线会从 OP 边射出　　D. 若 $\theta>\theta_1$，光线会在 OP 边发生全反射

●解析

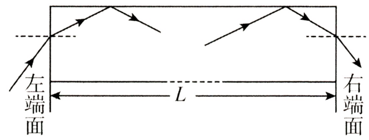
答案：D

解析：本题考查全反射现象、反射定律，意在考查考生对全反射现象的理解能力以及应用数学工具解决物理问题的能力。设光线第一次入射到 OP 边时入射角为 α，光线第一次入射到 OQ 边时入射角为 β，全反射临界角为 C，由几何关系有：$\alpha=90^\circ-\theta$，$\beta=3\theta-90^\circ$。若光线在 OP 边和 OQ 边都发生全反射，可得 $\theta_1=30^\circ+\frac{C}{3}$，$\theta_2=90^\circ-C$，且 $\theta_1<\theta_2$ 得 $C<45^\circ$。当 $\theta>\theta_2$ 时，$\alpha<90^\circ-\theta_2=C$，$\beta>3\theta_2-90^\circ>45^\circ>C$；当 $\theta<\theta_1$ 时，$\alpha>90^\circ-\theta_1>45^\circ>C$，$\beta<3\theta_1-90^\circ=C$。综上可得，选项 D 正确。

感悟方法：对于全反射问题，关键是要明确发生全反射的临界条件和相对应的临界情景。

考点 4　光导纤维

【例 4】光纤通信是一种现代化的通信手段，它可以为客户提供大容量、高速度、高质量的通信服务，为了研究问题方便，我们将光导纤维简化为一根长直玻璃管，如图所示。设此玻璃管长为 L，折射率为 n。已知从玻璃管左端面射入玻璃内的光线在玻璃管的侧面上恰好能发生全反射，最后从玻璃管的右端面射出。设光在真空中的传播速度为 c，则光通过此段玻璃管所需的时间为(　　)



A. $\frac{n^2L}{c}$　　B. $\frac{n^2L}{c^2}$　　C. $\frac{nL}{c}$　　D. $\frac{nL}{c^2}$

●解析

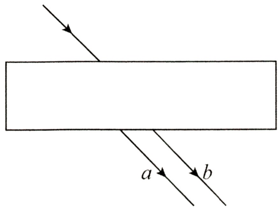
答案：A

解析：用 C 表示临界角，则有 $\sin C=\frac{1}{n}$，光在介质中的传播速度为 $v=\frac{c}{n}$. 光在沿光缆轴线的方向上做匀速传播。所用时间为 $t=\frac{L}{v\cos\left(\frac{\pi}{2}-C\right)}=\frac{L}{v\sin C}=\frac{n^2L}{c}$，故 A 正确。

感悟方法：光在光导纤维中的传播是匀速传播，其路程可以根据几何关系获得。

考点5　光的色散

【例5】如图所示，一束可见光穿过平行玻璃砖后，变为 a、b 两束单色光。如果光束 b 是蓝光，则光束 a 可能是(　　)



A. 红光　　B. 黄光　　C. 绿光　　D. 紫光

●解析

答案：D

解析：由题图可知，光束 a 的折射角小，根据 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$ 知，光束 a 的折射率大于光束 b 的折射率，频率越大，折射率越大，且已知光束 b 是蓝光，选项中频率大于蓝光频率的只有紫光，故光束 a 可能是紫光，D 项正确。

感悟方法：光的频率越大，折射率越大，从几何上来看，光线的偏折越厉害。

考点6　光的干涉

【例6】在双缝干涉实验中，用绿色激光照射在双缝上，在缝后的屏幕上显示出干涉图样。若要增大干涉图样中两相邻亮条纹的间距，可选用的方法是(　　)

A. 改用红色激光

B. 改用蓝色激光

C. 减小双缝间距

D. 将屏幕向远离双缝的位置移动

E. 将光源向远离双缝的位置移动

●解析

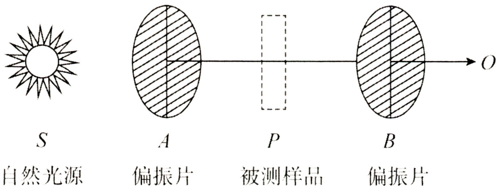
答案：ACD

解析：由 $\Delta x=\frac{L}{d}\lambda$ 可知，改用波长更长的激光照射在双缝上，相邻亮条纹的间距 Δx 增大，A 项正确，B 项错误；减小双缝间距 d，相邻亮条纹的间距 Δx 增大，C 项正确；将屏幕向远离双缝的位置移动，增大了屏幕与双缝的距离 L，相邻亮条纹的间距 Δx 增大，D 项正确；相邻亮条纹的间距与光源到双缝的距离无关，E 项错误。

感悟方法：正确理解 $\Delta x=\frac{L}{d}\lambda$ 的意义。

考点 7　光的偏振

【例 7】奶粉中的碳水化合物(糖)的含量是奶粉质量的一个重要指标，可以用“旋光法”来测量糖溶液的浓度，从而鉴定含糖量。偏振光通过糖的水溶液后，偏振方向会相对于传播方向向左或向右旋转一个角度 α，这一角度 α 称为“旋光度”，α 的值只与糖溶液的浓度有关，将 α 的测量值与标准值相比较，就能确定被测样品的含糖量了。如图所示，S 是自然光源，A、B 是偏振片，转动 B，使到达 O 处的光最强，然后将被测样品 P 置于 A、B 之间，则下列说法中正确的是(　　)



A. 到达 O 处光的强度会明显减弱

B. 到达 O 处光的强度不会明显减弱

C. 将偏振片 B 转动一个角度，使得 O 处光强度最大，偏振片 B 转过的角度等于 α

D. 将偏振片 A 转动一个角度，使得 O 处光强度最大，偏振片 A 转过的角度等于 α

解析

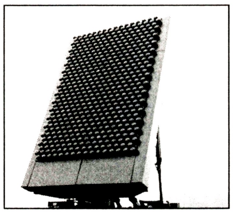
答案：ACD

解析：由题意知，转动 B 使到达 O 处的光最强，则偏振片 A、B 的偏振方向相同。若在 A、B 之间放上待检糖溶液，因糖溶液对偏振光有旋光效应，使偏振光的偏振方向发生改变，则到达 O 处的光强度会明显减弱。若适当旋转 A 或 B，可以使偏振光通过偏振片 A、糖溶液和偏振片 B 后到达 O 处的光强度最大，并且偏振片旋转的角度等于糖溶液的旋光度 α，故 A、C、D 正确。

感悟方法：本题考查光的偏振的实际应用。

考点 8　电磁场、电磁波及相对论

【例 8】我国成功研发的反隐身先进米波雷达堪称隐身飞机的克星，它标志着我国雷达研究又创新的里程碑。米波雷达发射无线电波的波长在 1～10 m 范围内，则对该无线电波的判断正确的是(　　)



A. 米波的频率比厘米波频率高

B. 和机械波一样需靠介质传播

C. 同光波一样会发生反射现象

D. 不可能产生干涉和衍射现象

解析

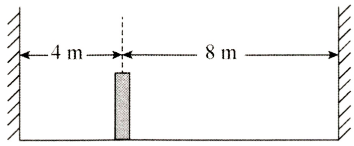
答案：C

解析：由 $\nu=\frac{c}{\lambda}$ 可知，波长越长，频率越低，故米波的频率比厘米波频率低，选项 A 错误；无线电波是电磁波，它的传播不需靠介质，选项 B 错误；无线电波与光波一样具有波的特性，会发生反射、折射、干涉和衍射现象，选项 C 正确，选项 D 错误。

感悟方法：无线电波与光波一样具有波的特性，会发生反射、折射、干涉和衍射现象。

过关演练

1．某物体左右两侧各有一竖直放置的平面镜，两平面镜相互平行，物体距离左镜 4 m，右镜 8 m，如图所示。物体在左镜所成的像中从右向左数的第三个像与物体的距离是（　　）

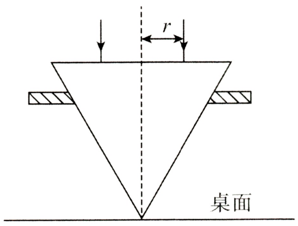


A. 24 m　　B. 32 m　　C. 40 m　　D. 48 m

2．太阳光照射在平坦的大沙漠上，若人们在沙漠中向前看去，发现前方某处射来亮光，好像太阳光从远处水面反射来的一样，使人们往往认为前面有水，但走到该处仍是干燥的沙漠，这种现象在夏天太阳光照射沥青路面时也能观察到，对这种现象的解释正确的是（　　）

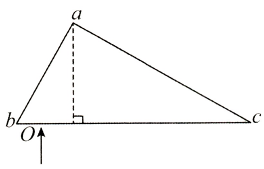
A. 越靠近地面空气的折射率越大
B. 这是光的干涉形成的
C. 越靠近地面空气的折射率越小
D. 这是光的衍射形成的

3．从桌面上有一倒立的玻璃圆锥，其顶点恰好与桌面接触，圆锥的轴（图中虚线）与桌面垂直，过轴线的截面为等边三角形，如图所示，有一半径为 r 的圆柱形平行光束垂直入射到圆锥的底面上，光束的中心轴与圆锥的轴重合。已知玻璃的折射率为 1.5，则光束在桌面上形成的光斑半径为（　　）



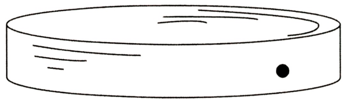
A. r
B. $1.5r$
C. $2r$
D. $2.5r$

4．如图所示为一直角棱镜的横截面，$\angle bac=90°$，$\angle abc=60°$。一平行细光束从 O 点沿垂直于 bc 面的方向射入棱镜。已知棱镜材料的折射率 $n=\sqrt{2}$，若不考虑原入射光在 bc 面上的反射光，则有光线（　　）



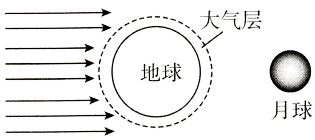
A. 从 ab 面射出
B. 从 ac 面射出
C. 从 bc 面射出，且与 bc 面斜交
D. 从 bc 面射出，且与 bc 面垂直

5．如图所示，口径较大、充满水的薄壁圆柱形玻璃缸底有一发光小球，则（　　）



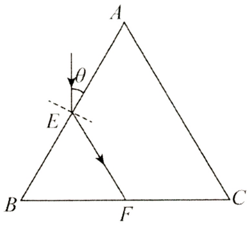
A. 小球必须位于缸底中心才能从侧面看到小球
B. 小球所发的光能从水面任何区域射出
C. 小球所发的光从水中进入空气后频率变大
D. 小球所发的光从水中进入空气后传播速度变大

6．与通常观察到的月全食不同，小虎同学在某次观看月全食时，看到整个月亮是暗红色的。小虎画了月全食的示意图，并提出了如下猜想，其中最为合理的是（　　）



A. 地球上有人用红色激光照射月球
B. 太阳照射到地球的红光反射到月球
C. 太阳光中的红光经地球大气层折射到月球
D. 太阳光中的红光在月球表面形成干涉条纹

7. 如图所示，有一束平行于等边三棱镜截面 ABC 的单色光从空气射向 E 点，并偏折到 F 点。已知入射方向与边 AB 的夹角为 $\theta=30°$，E、F 分别为边 BC 的中点，则(　　)



A. 该棱镜的折射率为 $\sqrt{3}$

B. 光在 F 点发生全反射

C. 光从空气进入棱镜，波长变小

D. 从 F 点出射的光束与入射到 E 点的光束平行

8. 空气中两条光线 a 和 b 从方框左侧入射，分别从方框下方和上方射出，其框外光线如图 1 所示。方框内有两个折射率 $n=1.5$ 的玻璃全反射棱镜。图 2 给出了两个棱镜的四种放置方式的示意图，其中能产生图 1 效果的是(　　)

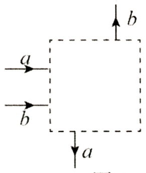


图 1



A　　B　　C　　D

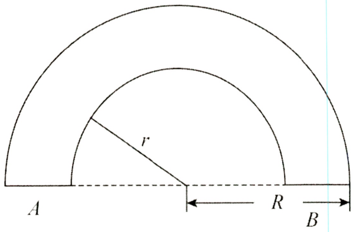
图 2

9. 水的折射率为 n，距水面深 h 处有一个点光源，岸上的人看到水面被该光源照亮的圆形区域的直径为(　　)

A. $2h\tan\left(\arcsin\dfrac{1}{n}\right)$　　　　B. $2h\tan(\arcsin n)$

C. $2h\tan\left(\arccos\dfrac{1}{n}\right)$　　　　D. $2h\cot(\arccos n)$

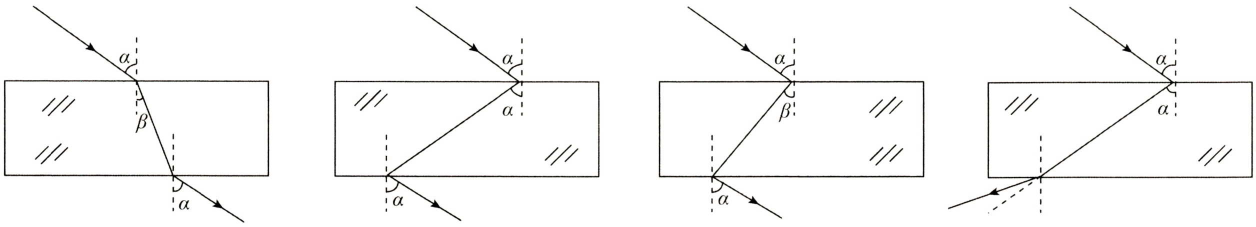
10. 如图所示，空气中有一横截面为半圆环的均匀透明柱体，其内圆半径为 r，外圆半径为 R，$R=\sqrt{2}r$。现有一束单色光垂直于水平面从 A 端射入透明柱体，只经过两次全反射就垂直于水平面从 B 端射出。设透明柱体的折射率为 n，光在透明柱体内传播的时间为 t，若真空中的光速为 c，则(　　)



A. n 可能为 $\sqrt{3}$　　　　B. n 可能为 2

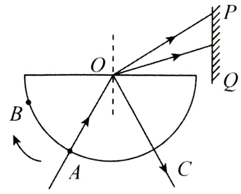
C. t 可能为 $\dfrac{2\sqrt{2}r}{c}$　　　　D. t 可能为 $\dfrac{4.8r}{c}$

11. 以往，已知材料的折射率都为正值($n>0$)。现已有针对某些电磁波设计制作的人工材料，其折射率可以为负值($n<0$)，称为负折射率材料。位于空气中的这类材料，入射角 i 与折射角 r 依然满足 $\dfrac{\sin i}{\sin r}=n$，但是折射线与入射线位于法线的同一侧(此时折射角取负值)。现空气中有一上下表面平行的负折射率材料，一束电磁波从其上表面射入，下表面射出。若该材料对于电磁波的折射率 $n=-1$，正确反映电磁波穿过该材料的传播路径的示意图是(　　)



A　　B　　C　　D

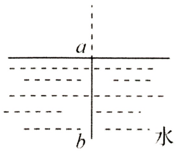
12. 如图，半圆形玻璃砖置于光屏 PQ 的左下方。一束白光沿半径方向从 A 点射入玻璃砖，在 O 点发生反射和折射，折射光在光屏上呈现七色光带。若入射点由 A 向 B 缓慢移动，并保持白光沿半径方向入射到 O 点，观察到各色光在光屏上陆续消失。在光带未完全消失之前，反射光的强度变化以及光屏上最先消失的光分别是（　　）



A. 减弱，紫光　　B. 减弱，红光

C. 增强，紫光　　D. 增强，红光

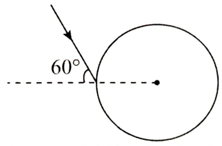
13. 发出白光的细线光源 ab，长度为 l_0，竖直放置，上端 a 恰好在水面以下，如图所示。现考虑线光源 ab 发出的靠近水面法线（图中的虚线）的细光束经水面折射后所成的像，由于水对光有色散作用，若以 l_1 表示红光成的像的长度，l_2 表示紫光成的像的长度，则（　　）



A. $l_1 < l_2 < l_0$　　B. $l_1 > l_2 > l_0$

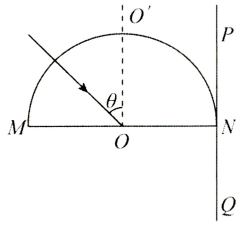
C. $l_2 > l_1 > l_0$　　D. $l_2 < l_1 < l_0$

14. 如图，一束单色光射入一玻璃球体，入射角为 60°。已知光线在玻璃球内经一次反射后，再次折射回到空气中时与入射光线平行。此玻璃的折射率为（　　）



A. $\sqrt{2}$　　B. 1.5　　C. $\sqrt{3}$　　D. 2

15. 固定的半圆形玻璃砖的横截面如图。O 点为圆心，OO' 为直径 MN 的垂线。足够大的光屏 PQ 紧靠玻璃砖右侧且垂直于 MN。由 A、B 两种单色光组成的一束光沿半径方向射向 O 点，入射光线与 OO' 夹角 θ 较小时，光屏 NQ 区域出现两个光斑，逐渐增大 θ 角。当 $\theta=\alpha$ 时，光屏 NQ 区域 A 光的光斑消失，继续增大 θ 角，当 $\theta=\beta$ 时，光屏 NQ 区域 B 光的光斑消失，则（　　）



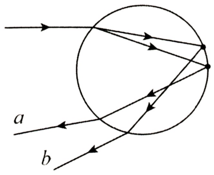
A. 玻璃砖对 A 光的折射率比对 B 光的大

B. A 光在玻璃砖中传播速度比 B 光的大

C. $\alpha<\theta<\beta$ 时，光屏上只有 1 个光斑

D. $\beta<\theta<\frac{\pi}{2}$ 时，光屏上只有 1 个光斑

16. 中国古人对许多自然现象有深刻认识，唐人张志和在《玄真子·涛之灵》中写道："雨色映日而为虹"，从物理学的角度看，虹是太阳光经过雨滴的两次折射和一次反射形成的，如图所示是彩虹成因的简化示意图，其中 a、b 是两种不同频率的单色光，则两光（　　）



A. 在同种玻璃中传播，a 光的传播速度一定大于 b 光

B. 以相同角度斜射到同一玻璃板透过平行表面后，b 光侧移量大

C. 分别照射同一光电管，若 b 光能引起光电效应，a 光一定也能

D. 以相同的入射角从水中射入空气，在空气中只能看到一种光时，一定是 a 光

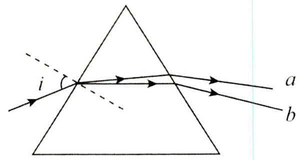
17. 明代学者方以智在《阳燧倒影》中记载:“凡宝石面凸,则光成一条,有数棱则必有一面五色”,表明白光通过多棱晶体折射会发生色散现象。如图所示,一束复色光通过三棱镜后分解成两束单色光 a、b,下列说法正确的是(　　)

A. 若增大入射角 i,则 b 光先消失

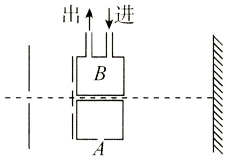
B. 在该三棱镜中 a 光波长小于 b 光

C. a 光能发生偏振现象,b 光不能发生

D. 若 a、b 光分别照射同一光电管都能发生光电效应,则 a 光的遏止电压低



18. 煤矿中瓦斯爆炸危害极大。某同学查资料得知含有瓦斯的气体的折射率大于干净空气的折射率,于是,他设计了一种利用光的干涉监测矿井瓦斯浓度的仪器,原理如图所示。在双缝前面放置两个完全相同的透明容器 A、B,容器 A 与干净的空气相通,在容器 B 中通入矿井中的气体,观察屏上的干涉条纹,就能够监测瓦斯浓度。以下说法正确的是(　　)



A. 如果屏的正中央是亮纹,说明 B 中的气体与 A 中的空气成分相同,不含瓦斯

B. 如果屏的正中央是暗纹,说明 B 中的气体与 A 中的空气成分不相同,可能含有瓦斯

C. 如果屏上干涉条纹不停地移动,说明 B 中的气体瓦斯含量稳定

D. 只有用单色光照射单缝时,才可能在屏上出现干涉条纹

19. 下列有关光现象的说法正确的是(　　)

A. 在光的双缝干涉实验中,若仅将入射光由紫光改为红光,则条纹间距一定变大

B. 以相同入射角从水中射向空气,紫光能发生全反射,红光也一定能发生全反射

C. 紫光照射某金属时有电子向外发射,红光照射该金属时也一定有电子向外发射

D. 拍摄玻璃橱窗内的物品时,往往在镜头前加装一个偏振片以增加透射光的强度

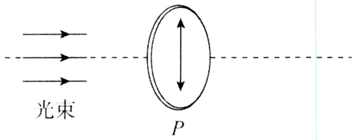
20. 如图,P 是偏振片,P 的透振方向(用带有箭头的实线表示)为竖直方向。下列四种入射光束中,照射 P 时能在 P 的另一侧观察到透射光的是(　　)

A. 太阳光

B. 沿竖直方向振动的光

C. 沿水平方向振动的光

D. 沿与竖直方向成 45°角振动的光



21. 光在科学技术、生产和生活中有着广泛的应用,下列说法中正确的是(　　)

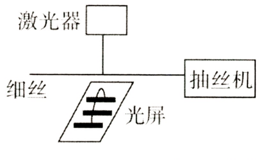
A. 为使拍摄的水面下景物更清晰,可利用偏振现象在照相机镜头前加一偏振片,减少反射光的影响

B. 用三棱镜观察白光看到的彩色图样是利用光的衍射现象

C. 在光导纤维束内传送图象是利用光的色散现象

D. 光学镜头上的增透膜是利用光的干涉现象

22. 抽制高强度纤维细丝可用激光监控其粗细,如图所示,观察光束经过细丝后在光屏上所产生的条纹即可以判断细丝粗细的变化(　　)



A. 这里应用的是光的衍射现象　　B. 这里应用的是光的干涉现象

C. 如果屏上条纹变宽,表明抽制的丝变粗　　D. 如果屏上条纹变宽,表明抽制的丝变细

23. 2005 年 10 月 4 日，瑞典皇家科学院宣布，将该年度诺贝尔物理学奖授予两名美国科学家和一名德国科学家。美国科学家约翰·霍尔和德国科学家特奥多尔·亨施之所以获奖，是因为对基于激光的精密光谱学发展作出了贡献。另一名美国科学家罗伊·格劳伯因为“对光学相干的量子理论”的贡献而获奖。目前一种用于摧毁人造卫星或空间站的激光武器正在研制中，如图所示，某空间站位于地平线上方，现准备用一束激光射向该空间站，则应把激光器(　　)



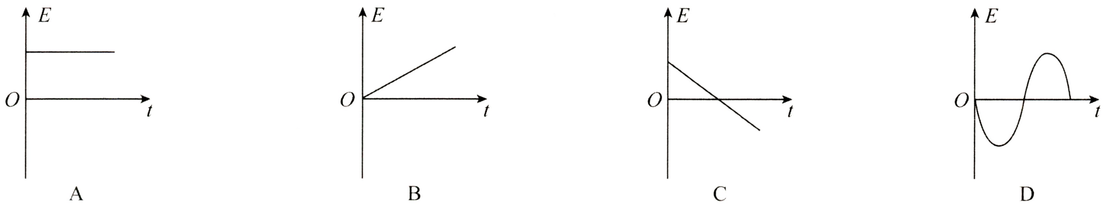
A. 沿视线对着空间站瞄高一些

B. 沿视线对着空间站瞄低一些

C. 沿视线对着空间站直接瞄准

D. 条件不足，无法判断

24. 如图是各电场的电场强度 E 随时间 t 的变化图象，其中能向外发射的电磁波是(　　)



25. 物理学原理在现代科技中有许多重要应用。例如，利用波的干涉，可将无线电波的干涉信号用于飞机降落的导航。如图所示，两个可发射无线电波的天线对称地固定于飞机跑道两侧，它们类似于杨氏干涉实验中的双缝。两天线同时都发出波长为 λ_1 和 λ_2 的无线电波。飞机降落过程中，当接收到 λ_1 和 λ_2 的信号都保持最强时，表明飞机已对准跑道。下列说法正确的是(　　)



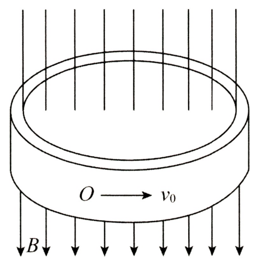
A. 天线发出的两种无线电波必须一样强

B. 导航利用了 λ_1 与 λ_2 两种无线电波之间的干涉

C. 两种无线电波在空间的强弱分布稳定

D. 两种无线电波各自在空间的强弱分布完全重合

26. 如图所示是一个水平放置的玻璃圆环形的小槽，槽内光滑，槽的宽度和深度处处相同，现将一个直径略小于槽宽的带正电的小球放在槽中，让它获得一个初速度 v_0，与此同时，有一个变化的磁场垂直穿过玻璃环形小槽外径所对应的圆面积，磁感应强度的大小跟时间成正比例增大，方向竖直向下，设小球在运动过程中电荷量不变，则(　　)



A. 小球受到的向心力大小不变　　B. 小球受到的向心力大小不断增大

C. 磁场力对小球做了功　　D. 小球受到的磁场力大小与时间成正比

27. 下列说法符合实际的是(　　)

A. 医院里常用 X 射线对病房和手术室消毒

B. 医院里常用紫外线对病房和手术室消毒

C. 在人造卫星上对地球进行拍摄是利用紫外线有较好的分辨能力

D. 在人造卫星上对地球进行拍摄是利用红外线有较好的穿透云雾烟尘的能力

28. 关于电磁波谱,下列说法正确的是(　　)

A. 伦琴射线是高速电子流射到固体上,使固体原子的内层电子受到激发而产生的

B. γ 射线是原子的内层电子受激发产生的

C. 在电磁波谱中,最容易发生衍射现象的是 γ 射线

D. 紫外线比紫光更容易发生衍射现象

29. 在狭义相对论中,下列说法中哪些是正确的(　　)

(1)一切运动物体相对于观察者的速度都不能大于真空中的光速;

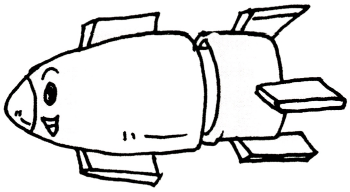
(2)质量、长度、时间的测量结果都是随物体与观察者的相对运动状态的改变而改变的;

(3)惯性系中的观察者观察一个相对他做匀速运动的时钟时,会看到这个时钟比与他相对静止的相同的时钟走得慢些。

A. (1)(3)　　B. (1)(2)

C. (1)(2)(3)　　D. (2)(3)

30. 如果你以接近于光速的速度朝某一星体飞行,如图所示,你是否可以根据下述变化发觉自己是在运动(　　)



A. 你的质量在增加　　B. 你的心脏跳动在慢下来

C. 你在变小　　D. 你永远不能由自身的变化知道你的速度

答案与解析

专题一　质点的直线运动

［过关演练］

1. **答案**:B

解析:在研究问题时，为了抓住主要矛盾，同时使问题得到简化，可以忽略次要矛盾。光速和声速相差很大，在传播 4.1 km 的距离时，光运动的时间非常小，对于估算来说完全可以忽略，其运算方法是：声速 $v=340\ \text{m/s}=0.34\ \text{km/s}$，$s=vt=0.34t\approx\frac{t}{3}$ km，显然声速加倍后不再成立。

2. **答案**:C

解析:关卡刚放行时，该同学加速的时间 $t=\frac{v}{a}=1$ s，运动的距离为 $x_1=\frac{1}{2}at^2=1$ m，然后以 2 m/s 的速度匀速运动，经 4 s 运动的距离为 8 m，因此第 1 个 5 s 内运动距离为 9 m，过了第 2 关，到第 3 关时再用时 3.5 s，大于 2 s，因此能过第 3 关，运动到第 4 关前共用时 12.5 s，而运动到第 12 s 时，关卡关闭，因此被挡在第 4 关前，C 项正确。

3. **答案**:AC

解析:熟练应用匀变速直线运动的公式，是处理问题的关键，对汽车运动的问题一定要注意所求解的问题是否与实际情况相符。如果立即做匀加速直线运动，$t_1=2$ s 内的位移 $x=v_0t_1+\frac{1}{2}a_1t_1^2=20\ \text{m}>18$ m，此时汽车的速度为 $v_1=v_0+a_1t_1=12\ \text{m/s}<12.5\ \text{m/s}$，汽车没有超速，A 项正确；如果立即做匀减速运动，速度减为零需要时间 $t_2=\frac{v_0}{a_2}=1.6$ s，此过程通过的位移为 $x_2=\frac{1}{2}a_2t_2^2=6.4$ m，C 项正确，D 项错误。

4. **答案**:C

解析:假设某时刻刚好有一球 A 抛出手，由题意知空中有 4 个球，经过 0.40 s 就有一个球落在手中，那么 A 球经过 1.6 s 落入手中，A 球上升到最高点只需 0.80 s，$h=\frac{1}{2}gt^2=3.2$ m。

5. **答案**:A

解析:本题考查图象问题，意在考查考生的综合分析能力和应用数学知识解决物理问题的能力，汽车做初速度为零的匀加速直线运动，则 $x=\frac{v^2}{2a}$，故 $v-t$ 图线为以 x 轴为对称轴、开口向右的抛物线的一部分；若某一时刻开始减速；设加速度大小为 a_1，开始减速时的速度 v_0，汽车的位移为 x_0，则 $x=x_0+\frac{v_0^2-v^2}{2a_1}$，那么 $v-t$ 图线为以 x 轴为对称轴、开口向左的抛物线的一部分，选项 A 正确。

6. **答案**:BD

解析:由 $v-t$ 图象知，0～1 s 甲始终是沿正方向运动，乙是先沿负方向运动，后又沿正方向运动，选项 A 错误；根据乙图线所构成的 x 轴上下图形面积相等可知乙在 0～7 s 内位移为 0，选项 B 正确；甲在 0～4 s 阶段一直在沿正方向运动，选项 C 错误；在 $t=6$ s 时刻，甲、乙图线上的斜率都为负，所以加速度方向相同，选项 D 正确。

7. **答案**:BC

解析:从 $x-t$ 图象可以看出，在 t_1 时刻，b 汽车追上 a 汽车，选项 A 错误；在 t_2 时刻，b 汽车运动图象的斜率为负值，表示 b 汽车速度反向，而 a 汽车速度大小和方向始终不变，故选项 B 正确；从 t_1 时刻到 t_2 时刻，图象 b 斜率的绝对值先减小至零后增大，反映了 b 汽车的速率先减少至零后增加，选项 C 正确、D 错误。

8. **答案**:ABC

解析:由图可知甲的加速度 a_1 比乙的加速度 a_2 大，在达到速度相等的时间 T 内两车相对位移为 s_1。若 $s_0=s_1+s_2$，速度相等时甲比乙位移多 $s_1<s_0$，乙车还没有追上甲，此后甲车比乙车快，不可能追上，A 对；若 $s_0<s_1$，乙车追上甲车时乙车比甲车快，因为甲车加速度大，甲车会再追上乙车，之后乙车不能再追上甲车，B 对；若 $s_0=s_1$，恰好在速度相等时追上，之后不会再相遇，C 对；若 $s_0=s_2$（$s_2>s_1$），两车速度相等时还没有追上，并且甲车快，更追不上，D 错。

9. **答案**:A

解析:由于图线与坐标轴所夹的面积表示物体的位移,在 $0\sim t_1$ 时间内,甲车的位移大于乙车,由 $\bar{v}=\frac{x}{t}$ 可知,甲车的平均速度大于乙车,A 正确,C 错误;因为乙车做变减速运动,故平均速度不等于 $\frac{v_1+v_2}{2}$,B 错误;又图线的切线的斜率等于物体的加速度,则甲、乙两车的加速度均逐渐减小,D 错误。

10. **答案**:C

解析:当 $\theta=90°$,为竖直上抛运动,对应的位移为 $x=10\ \text{m}$,$v_0=\sqrt{2gH}=10\sqrt{2}\ \text{m/s}$;当 $\theta=0°$时,为水平面,由牛顿第二定律得加速度的大小为 $a=\mu g$,物体以 v_0 滑动,对应的位移为 $x=10\sqrt{3}\ \text{m}$,$\mu=\frac{v_0^2}{2gx}=\frac{\sqrt{3}}{3}$;设斜面的倾角为 θ,则 $-mg(\sin\theta+\mu\cos\theta)=ma$,$a=-g(\sin\theta+\mu\cos\theta)$,将 $\theta=30°$代入,解得 $a=-10\ \text{m/s}^2$,所以物体上滑的位移 $x=-\frac{v_0^2}{2a}=10\ \text{m}$。

11. **答案**:B

解析:$v-t$ 图象斜率相同,即加速度相同,A 选项不正确;$0\sim0.4$ s 内小球做自由落体运动,通过的位移即为高度 0.8 m,B 选项正确;前 0.4 s,小球自由下落 0.8 m,后 0.2 s 反弹向上运动 0.2 m,所以整个过程中小球的位移为 0.6 m,C 选项不正确;整个过程中小球的平均速度大小为 1 m/s,D 选项不正确。

12. **答案**:A

解析:设经时间 t,A、B 相遇,则相遇时 A 的速度 $v=v_0-gt$,B 的速度 $v=gt$,因为相遇时速度大小相等,得出 $v_0=2gt=2v$,A 对;相遇时 A 上升的高度 $x_A=\frac{v_0^2-v^2}{2g}$,由选项 A 知 $v_0=2v$,得出 x_A 的大小为$\frac{3v^2}{2g}$,B 的位移大小为$\frac{v^2}{2g}$,B 错;由竖直上抛运动的对称性可知,A 在空中运动的时间是 B 的 2 倍,C 错;物体 A 上升的最大高度和物体 B 自由下落的高度相等,因此,两物体 A、B 着地速度相等,D 错误。进一步分析可知,相遇时刻为物体 B 下落的中间时刻,由初速度为零的匀加速直线运动,在相邻的相等的时间间隔内位移之比关系可判断出相遇时刻,物体 B 下落高度和物体 A 上升高度之比为 1∶3。

13. **答案**:D

解析:根据图线可得 $v^2=5x+4$,即 $v^2-4=5x$,与匀变速直线运动的速度—位移关系式 $v^2-v_0^2=2ax$ 对比可得质点的初速度 $v_0=2\ \text{m/s}$,加速度 $a=2.5\ \text{m/s}^2$,选项 A、B 错误;质点 2 s 末的速度 $v_2=v_0+at_2=7\ \text{m/s}$,选项 C 错误;质点在第 3 s 内的位移 $x_3=\left(v_0t_3+\frac{1}{2}at_3^2\right)-\left(v_0t_2+\frac{1}{2}at_2^2\right)=8.25\ \text{m}$,选项 D 正确。

14. **答案**:A

解析:$0\sim t_1$ 时间内,空降兵做匀加速直线运动,其平均速度 $\bar{v}=\frac{v_1}{2}$,A 正确,B 错误;$t_1\sim t_2$ 时间内,空降兵做加速度逐渐变小的减速运动,其 $v-t$ 图线下面的面积比由 v_1 匀减速到 v_2 对应的面积小,故 $\bar{v}<\frac{v_1+v_2}{2}$,C、D均错误。

15. **答案**:D

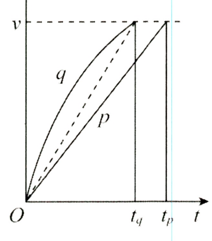
解析:由 $v-t$ 图象可以看出,小车的速度先增大后减小,最大速度约为 0.8 m/s,故 A、B 均正确;小车的位移为 $v-t$ 图象纵轴与横轴所围的"面积",$x=85\times0.1\times1\ \text{m}=8.5\ \text{m}>8\ \text{m}$,故 C 正确;图线弯曲表明小车速度变化不均匀,不表示小车做曲线运动,故 D 错误。

16. **答案**:B

解析:电梯匀速上升,电梯中上抛一个小球,小球相对电梯做竖直上抛运动,相对电梯的初速度为 gt,B 正确;地面上的人看到小球抛出时的初速度为 $v+gt$,A 错误;地面上的人看到小球上升的时间为 $t+\frac{v}{g}$,因此,地面上的人看到球上升的最大高度为 $\frac{1}{2}g\left(t+\frac{v}{g}\right)^2$,C、D 错误.

17. **答案**:B

解析:可以利用 $v-t$ 图象(这里的 v 是速率,曲线下的面积表示路程 s)定性地进行比较。在同一个 $v-t$ 图象中做出 p、q 的速率图线,显然开始时 q 的加速度较大,斜率较大;由于机械能守恒,末速率相同,即曲线末端在同一水平图线上。为使路程相同(曲线和横轴所围的面积相同),显然 q 用的时间较少,B 正确。



18. **答案**:B

解析:他们同时从起跑线起跑且均做匀速直线运动,故他们运动的 $x-t$ 关系图象均是经过原点的倾斜直线,斜率大小代表速度大小,由题图知 $v_乙>v_甲$,B 正确,A 错误;而 $v-t$ 关系图线是平行于横轴的直线,由题图可知,$v_乙>v_甲$,C、D 错误。

19. **答案**:D

解析:由图可知,0～1 s 内加速度均匀增加,物体做变加速直线运动,选项 A 错误;加速度图线与时间轴所围的面积表示速度的变化量,则 1 s 内速度变化量 $\Delta v=\frac{1}{2}\times2\times1\ \text{m/s}=1\ \text{m/s}$,由于初速度 $v_0=1\ \text{m/s}$,故 1 s 末的速度为 2 m/s,选项 B 错误;0～1 s 内物体沿正向加速,1 s 末后加速度反向,物体将沿原方向做减速运动,选项 C 错误;0～3 s 内速度的变化量 $\Delta v=\left(\frac{1}{2}\times2\times1-1\times2\right)\text{m/s}=-1\ \text{m/s}$,则 3 s 末物体的速度为 0,0～3 s 内物体一直沿正方向运动,3 s 末物体离出发点最远,选项 D 正确。

20. **答案**:A

解析:甲看到楼房匀速上升,说明甲相对地面匀速下降;乙看到甲匀速上升,说明乙相对地面也匀速向下运动,且 $v_{乙}>v_{甲}$,B、D 错误;甲看到丙匀速上升,丙看到乙匀速下降,说明丙可能静止,或者可能匀速上升,或者可能匀速向下运动且 $v_{丙}<v_{甲}<v_{乙}$,C 不正确,A 正确。

21. **答案**:A

解析:设质点从 B 到 C 所用时间为 T,则从 B 到 D 的时间为 $2T$,由 $\Delta x=aT^2$ 有 $x_2-x_1=aT^2$,得 $T=\sqrt{\frac{x_2-x_1}{a}}$,质点经过 C 点的速度 $v_C=\frac{x_1+x_2}{2T}=\frac{x_1+x_2}{2}\sqrt{\frac{a}{x_2-x_1}}$,因此 A 项正确。

22. **答案**:CD

解析:设开始拍摄照片时,滑块的初速度为 v_0,滑块做匀减速直线运动的加速度大小为 a,第 1 s 内的位移为 x_1,最后 2 s 内的位移为 x_2,根据匀变速直线运动的规律,有:

$x_1=v_0t_1-\frac{1}{2}at_1^2$,即 $2.5=v_0-\frac{1}{2}a$,①

$x_2=\frac{1}{2}at_2^2$,$2x_2=v_0t_2-\frac{1}{2}at_2^2$,

其中 $t_2=2\ \text{s}$,则 $0=2v_0-\frac{3}{2}a\times4$,②

联立①②两式解得:$a=1\ \text{m/s}^2$,$v_0=3\ \text{m/s}$。

滑块运动的总时间 $t=\frac{v_0-0}{a}=3\ \text{s}$,

滑块运动的总位移 $x=\frac{v_0}{2}t=\frac{3}{2}\times3\ \text{m}=4.5\ \text{m}$。

23. **答案**:C

解析:因物体做匀变速直线运动,加速度 a 不随时间变化,丁是 $a-t$ 图象;若物体做匀加速直线运动,则位移 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$,是一条抛物线,丙是 $x-t$ 图象;物体做匀加速直线运动时 $v=v_0+at$,v 与 t 为线性关系,乙是 $v-t$ 图象;若匀减速直线运动,$v=v_0-at$ 可以用甲表示,故 C 正确。

24. **答案**:B

解析:从表中可以看出,速度之比为 $v_1:v_2:v_3:v_4=2:3:4:5$ 时,思考距离之比为 $x_1:x_2:x_3:x_4=2:3:4:5$,制动距离之比为 $x_1':x_2':x_3':x_4'=2^2:3^2:4^2:5^2$,故 $2^2:3^2=20:X$,$X=45$;$3:4=18:Y$,$Y=24$。

25. **答案**:BC

解析:当滑块速度大小减为 $\frac{v_0}{2}$,其方向可能与初速度方向相同,也可能与初速度方向相反,因此要考虑两种情况,即 $v=\frac{v_0}{2}$ 或 $v=\frac{-v_0}{2}$ 代入公式 $t=\frac{v-v_0}{a}$ 得,$t=\frac{v_0}{g}$ 或 $t=\frac{3v_0}{g}$,故选 B、C。

26. **答案**:BC

解析:若 $A>0$ 且保持不变,$A=\frac{v-v_0}{x}$ 和 $a=\frac{v-v_0}{t}$ 得:$a=\frac{Ax}{t}$,由于速度 $v=\frac{x}{t}$ 在增加,所以 a 在逐渐变大,A 错,B 对;在"另类匀变速直线运动"中,由于速度随位移均匀增加,所以物体在中间位置处的速度为 $\frac{v_0+v}{2}$,C 对,D 错。

27. **答案**：BD

解析：测出了该质点在第 3 s 内及第 7 s 内的位移，可以得到运动的加速度 a，可以得到2.5 s末和 6.5 s 末的瞬时速度。应用速度公式可以求出初速度，故可以求出任一时刻的瞬时速度，选项 A 错误，B、D 正确；应用位移公式可以得到任意时间内的位移，选项 C 错误。

28. **答案**：AB

解析：物体在斜面的运动有两种可能：一种是冲上斜面速度减为 0 时，保持静止，A 项正确；另一种是向上匀减速为 0 后，又向下做匀加速运动，由 $x-t$ 图象斜率表示速度，分析得 B 项正确。

29. **答案**：BD

解析：由题图可知，启用 ABS 后，t_1 时刻车速较大，选项 A 错误；$0\sim t_1$ 的时间内启用 ABS 加速度更小，选项 B 正确；启用 ABS 后 $t_1\sim t_2$ 的时间内加速度较大，而 $0\sim t_1$ 的时间内加速度较小，选项 C 错误；启用 ABS 后，刹车后前行的距离比不启用 ABS 短，选项 D 正确。

30. **答案**：C

解析：设加速后物体最大速度为 v，则加速运动的加速度大小 $a_1=\frac{\Delta v}{\Delta t_1}=\frac{v}{8\ \text{s}}$，减速运动的加速度大小 $a_2=\frac{\Delta v}{\Delta t_2}=\frac{v}{4\ \text{s}}$，则加速、减速过程中的加速度大小之比为 $a_1:a_2=4:8=1:2$，选项 A 错误；对于匀变速直线运动，平均速度等于初速度与末速度的平均值，则题述加速运动和减速运动的速度平均值相等，所以加速、减速过程中的平均速度大小之比为 1∶1，选项 B 错误；两个阶段运动的时间之比为 8 s∶4 s＝2∶1，根据位移等于平均速度乘以时间可知，加速、减速过程中的位移大小之比为 2∶1，选项 C 正确；由于加速度等于速度的变化率，所以加速、减速过程中速度的变化率大小之比为 1∶2，选项 D 错误。

31. **答案**：A

解析：由图可知，心脏每跳动一次，纸带向前移动大约是 4 个小方格的距离，约 2.0 cm，则心脏每跳动一次所需时间约 $T=\frac{x}{v}=0.80\ \text{s}$；此人心脏一分钟跳动的次数为 $n=\frac{60\ \text{s}}{0.80\ \text{s/次}}=75$ 次，故本题只有选项 A 正确。

32. **答案**：A

解析：由题图可知，小球做匀加速直线运动，若位置"1"是初始位置，初速度为 0，相等时间内的位移之比为 1∶3∶5∶7，与图示不符，A 错误；相邻的两段位移之差为一块砖的厚度，由 $\Delta s=d=aT^2$ 可得，$a=\frac{d}{T^2}$，B、C 正确；位置"3"是位置"2"和位置"4"的中间时刻，由 $\frac{vt}{2}=\bar{v}$ 得，$v_3=\frac{7d}{2T}$，D 正确。

33. **答案**：D

解析：由圆筒沿逆时针方向知条纹低端由左向右移动，由于视觉暂留现象，我们感觉到右端条纹在沿竖直方向向下运动，圆筒转动一圈，用时 0.5 s，感觉到条纹竖直方向向下运动 L，因此向下运动速度为20 cm/s，故选 D。

34. **答案**：C

解析：当 $t=0$ 时，对应 $x_0=4\ \text{m}$；当 $t=2\ \text{s}$ 时，对应 $x_2=20\ \text{m}$，$t=0$ 到 $t=2\ \text{s}$ 时间内的平均速度大小 $\bar{v}=\frac{x_2-x_0}{2}=8\ \text{m/s}$，$t=2\ \text{s}$ 时瞬时速度 $v=6t^2=24\ \text{m/s}$，C 正确。

35. **答案**：BC

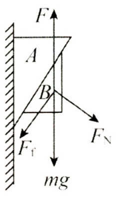
解析：由题意知，武警战士先以向下的最大加速度加速下滑，再以向上的最大加速度减速下滑，着地时速度为 6 m/s，这样的下滑过程所需时间最短，设武警战士在空中下滑的最大速度为 v，加速段的加速度为 a，减速段的加速度为 a'，根据运动学公式得 $h=\frac{v^2}{2a}+\frac{v^2-v_t^2}{2a'}$，解得 $v=20\ \text{m/s}$，C 项正确，D 项错误；设武警战士在空中下滑的最短时间为 t，根据运动学公式得 $t=\frac{v}{a}+\frac{v-v_t}{a'}$，解得 $t=9.5\ \text{s}$，B 项正确，A 项错误。

专题二　相互作用

［过关演练］

1. **答案**：C

解析：本题考查物体的受力分析。B 物体受力分析如图，故 B 物体受 4 个力的作用而处于平衡状态，C 项正确。

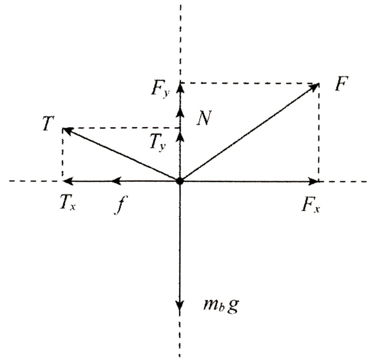


2. **答案**:C

解析:当拉力水平时,物块做匀速运动,则 $F=\mu mg$,当拉力方向与水平方向的夹角为 60°时,物块也刚好做匀速运动,则 $F\cos 60°=\mu(mg-F\sin 60°)$,联立解得 $\mu=\frac{\sqrt{3}}{3}$,A、B、D 项错误,C 项正确。

3. **答案**:BD

解析:由题意,在 F 保持方向不变,大小发生变化的过程中,物体 a、b 均保持静止,各绳角度保持不变;选 a 受力分析得,绳的拉力 $T=m_a g$,所以物体 a 受到绳的拉力保持不变。由滑轮性质,滑轮两侧绳的拉力相等,所以 b 受到绳的拉力大小、方向均保持不变,C 选项错误;a、b 受到绳的拉力大小方向均不变,所以 OO' 的张力不变,A 选项错误;对 b 进行受力分析,并将各力沿水平方向和竖直方向分解,如图所示。由受力平衡得:$T_x+f=F_x$,$F_y+N+T_y=m_b g$。T 和 $m_b g$ 始终不变,当 F 大小在一定范围内变化时;支持力在一定范围内变化,B 选项正确;摩擦力也在一定范围内发生变化,D 选项正确。



4. **答案**:AC

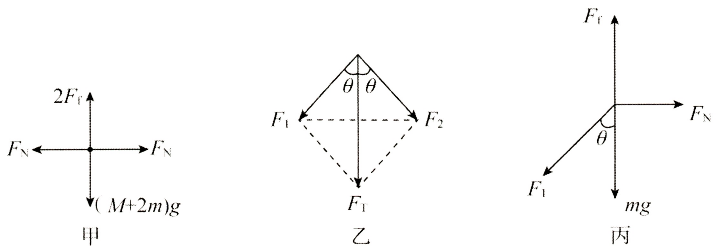
解析:本题考查整体法和隔离法及受力分析、物体平衡条件的应用等知识,意在考查考生对新情景的分析能力和综合运用知识的能力,把两个物体看做一个整体,由两个物体一起沿水平方向做匀速直线运动可知水平方向 $f=F\cos\theta$,C 正确,D 错误;整体法对 m_1、m_2 组成的系统受力分析,竖直方向 $m_1 g+m_2 g=N+F\sin\theta$,A 正确,B 错误。

5. **答案**:C

解析:由于轻环不计重力,故细线对轻环的拉力的合力与圆弧对轻环的支持力等大反向,即沿半径方向;又两侧细线对轻环拉力相等,故轻环所在位置对应的圆弧半径为两细线的角平分线,因为两轻环间的距离等于圆弧的半径,故两轻环与圆弧圆心构成等边三角形;又小球对细线的拉力方向竖直向下,由几何知识可知,两轻环间的细线夹角为120°,对小物块进行受力分析,由三力平衡知识可知,小物块质量与小球质量相等,均为 m,C 项正确。

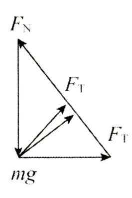
6. **答案**:BD

解析:选重物 M 及两个木块 m 组成的系统为研究对象,系统受力情况如图甲所示,根据平衡条件有 $2F_f=(M+2m)g$,即 $F_f=\frac{M+2mg}{2}$,与两挡板间距离无关,故挡板间距离稍许增大后,F_f 不变,所以选项 A 错误,选项 B 正确;如图乙所示,将绳的张力 F_T 沿 OO_1、OO_2 两个方向分解为 F_1、F_2,则 $F_1=F_2=\frac{F_T}{2\cos\theta}$,当挡板间距离稍许增大后,$F_T$ 不变,θ 变大,$\cos\theta$ 变小,故 F_1 变大;选左边木块 m 为研究对象,其受力情况如图丙所示,根据平衡条件得 $F_N=F_1\sin\theta$,当两挡板间距离稍许增大后,F_1 变大,θ 变大,$\sin\theta$ 变大,因此 F_N 变大,故选项 C 错误,选项 D 正确。



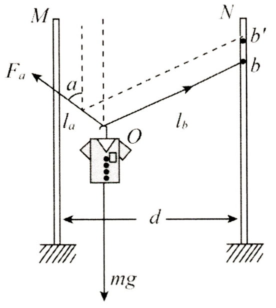
7. **答案**:D

解析:由于缓慢地推动斜面体,小球一直处于动态平衡,小球受到大小方向不变的重力,方向不变的斜面的支持力,还有绳的拉力,三力构成封闭三角形,如图所示,开始时绳的拉力与支持力的夹角为锐角,随着绳的拉力 F_T 按顺时针转动,其大小先减小后增大,而支持力 F_N 一直增大,D 项正确。



8. **答案**:AB

解析:设两杆间距离为 d,绳长为 l,Oa、Ob 段长度分别为 l_a 和 l_b,则 $l=l_a+l_b$,两部分绳子与竖直方向夹角分别为 α 和 β,受力分析如图所示。



绳子中各部分张力相等,$F_a=F_b=F$,则 $\alpha=\beta$。满足 $2F\cos\alpha=mg$,$d=l_a\sin\alpha+l_b\sin\alpha=l\sin\alpha$,即 $\sin\alpha=\dfrac{d}{l}$,$F=\dfrac{mg}{2\cos\alpha}$,$d$ 和 l 均不变,则 $\sin\alpha$ 为定值,α 为定值,$\cos\alpha$ 为定值,绳子的拉力保持不变,衣服的位置不变,故 A 正确,C、D 错误;将杆 N 向右移一些,d 增大,则 $\sin\alpha$ 增大,$\cos\alpha$ 减小,绳子的拉力增大,故 B 正确。

9. **答案**:BC

解析:根据物体的平衡可知,三条绳上拉力的水平分力的合力为零,C 项正确;由于三条绳的长度不同,因此三条绳与竖直方向的夹角不同,如果三条绳水平分力间的夹角相等,则三条绳上张力一定不等,A 项错误;由力的平衡可知,杆对地面的压力等于杆的重力与三条绳拉力的竖直分力之和,B 项正确;三条绳的拉力的合力和杆的重力的方向均竖直向下,它们不是一对平衡力,D 项错误。

10. **答案**:D

解析:保持两木棍倾角不变,两木棍间距减小时,每根木棍对圆筒支持力的角度变小,则支持力变小,摩擦力变小,而圆筒沿斜面下滑的分力不变,故圆筒将匀加速滑下,D 正确。

11. **答案**:C

解析:由于斜面光滑,尽管物块在斜面上做简谐运动,但由于物块对斜面的摩擦力为零,对斜面的正压力始终等于重力沿垂直斜面方向的分力,因此地面对斜面体的摩擦力始终是一个恒力,C 正确。

12. **答案**:B

解析:弹力方向与两物体的接触面垂直,与形变的方向相反,即弹力一定沿 OB 方向,选项 B 正确。

13. **答案**:BCD

解析:取 A、B 整体为研究对象,由于 A、B 在斜面上以相同的速度匀速下滑,所以整体受力平衡,$(m_A+m_B)g\sin\theta=\mu(m_A+m_B)g\cos\theta$,选项 B正确;取 A 为研究对象,由受力平衡可知 A 受到 B 的静摩擦力为 $f=m_Ag\sin\theta$,由牛顿第三定律可知,B 受到 A 的静摩擦力大小也为 $m_Ag\sin\theta$,选项 C 正确,A 错误;取下 A 物体后,B 物体的受力在沿斜面方向上仍满足 $m_Bg\sin\theta=\mu m_Bg\cos\theta$,即 B 物体仍能匀速下滑,选项 D 正确。

14. **答案**:D

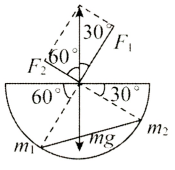
解析:弹簧测力计的读数与弹簧的形变量成正比,按图乙方式外壳受力 $F_0=F+G$,则弹簧测力计的读数 $F=F_0-G$;按图丙方式弹簧的读数直接由 F_0 引起,则弹簧测力计的读数为 F_0。

15. **答案**:B

解析:因为小虫在半球形碗内沿碗面缓慢向上爬,所以可认为小虫一直处于平衡状态,小虫受重力 mg(竖直向下)、碗的支持力 N(指向球心)、静摩擦力 f(沿切面向上)三力的作用。沿径向、切向建立坐标轴,小虫沿径向平衡,可得 $N=mg\cos\alpha$;沿切向平衡得静摩擦力 $f=mg\sin\alpha$;随着小虫向上爬,α 逐渐增大,静摩擦力 $f=mg\sin\alpha$ 也逐渐增大,当静摩擦力达到最大时即爬到最高点,此时 $f=mg\sin\alpha=\mu mg\cos\alpha$,所以 $\tan\alpha=\mu$。

16. **答案**:B

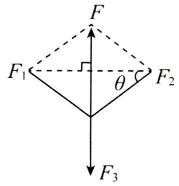
解析:



选 m_1、m_2 组成的整体作为研究对象进行分析,则三力平衡必共点,故 $F_1:F_2=\tan 60°=\sqrt{3}$,选项 B 正确。

17. **答案**:C

解析:系统静止时,与动滑轮接触的那一小段绳子受力情况如图所示,同一根绳上的拉力 F_1、F_2 总是相等的,它们的合力 F 与 F_3 是一对平衡力,以 F_1、F_2 为邻边所作的平行四边形是菱形,故 $m_Bg=2m_Ag\sin\theta$。绳的端点由 Q 点移向 P 点时,由于 m_A、m_B 的大小不变,故 θ 不变,因此 B 下降,A 上升。

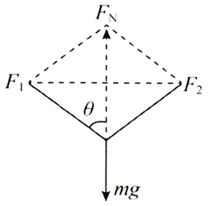


18. **答案**:B

解析:设绳子与竖直方向的夹角为 θ,在竖直方向上由平衡条件有 $G=2F\cos\theta$,所以 $F=\dfrac{G}{2\cos\theta}$,因坐着比躺着竖直方向的夹角小一些,所以坐着时拉力小些,故选项 B 正确,选项 A 错误;两种方式吊床对该人的作用力大小为人的重力,所以选项 C、D 错误。

19. **答案**:A

解析:解析:取运动员为研究对象,他受到重力和绳索的拉力,三个力为共点力。绳索与竖直方向的夹角为 θ,在竖直方向上由平衡条件有 $G=2F\cos\theta$,所以 $F=\dfrac{G}{2\cos\theta}$,故选项 A 正确。



20. **答案**:B

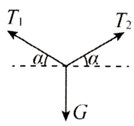
解析:分析轻质滑轮的受力如图所示,由滑轮模型的特点可知 $T_1=T_2$

根据平衡条件可知,T_1、T_2 合力与 G 等大反向,且 $T_1=T_2$

所以 $T_1\sin\alpha+T_2\sin\alpha=T_3=G$

即 $T_1=T_2=\dfrac{G}{2\sin\theta}$

从 C 点到半圆周上,夹角不变所以拉力大小不变,再沿支架缓慢地向 B 点靠近时,夹角增大,所以选项 B 正确。



21. **答案**:C

解析:是上层的人的两只脚分别给中间的人的作用力为 $0.5G$,中间层的左、右边的人的每一只脚的作用力为 $0.5G$,中间层给的作用力为 G,下层自身的重量为 G,所以其两脚受的作用力部共为 $0.5G+G+G=2.5G$,每一只脚对地面的压力为 $\dfrac{2.5G}{2}=1.25G$,C 对。

22. **答案**:C

解析:小球只受重力和杆的弹力作用.杆的弹力 F 的竖直分量与重力平衡,水平分量产生加速度,即 $F_{竖直}=mg$,$F_{水平}=ma$,所以 C 正确。

23. **答案**:B

解析:对购物车进行受力分析,购物车受到的人的推力 $F=mg\tan 30°$,对人进行受力分析,人受到的摩擦力 $F_f=Mg\sin\theta+F\cos\theta=(M+m)g\sin\theta$,沿斜面向上,人受到的弹力 $F_N=Mg\cos\theta-F\sin\theta=Mg\cos\theta-mg\sin\theta\tan\theta$,A、C 错,B 对;小张对车的推力和车对小张的推力是一对作用力与反作用力,大小相等方向相反,D 错。

24. **答案**:A

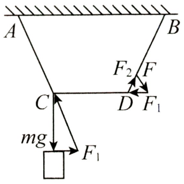
解析:拉 A 之前,A 静止时,$mg=kx_1$,弹簧的压缩量为 x_1,当 B 刚要离开地面时,弹簧的伸长量为 x_2,$mg=kx_2$,所以 A 上升的距离为 $L=x_1+x_2=\dfrac{2mg}{k}$,故 A 正确。

25. **答案**:AD

解析:在两图中,A 相对 B 有向左的运动趋势,因而受到方向向右的摩擦力作用,B 相对 A 有向右运动的趋势,因而受到方向向左的摩擦力作用。由题意知,A、B 两物体都相对静止,但它们对地的运动是不相同的。甲图中,A、B 以共同加速度向左做匀加速

直线运动，A 所受摩擦力对 A 的运动起阻碍作用；而 B 受到的摩擦力对 B 向左的加速运动来说是动力，它是 B 能产生加速度的外部条件。乙图中，A、B 都将静止在水平面上，处于平衡状态，但它们相对于地的运动趋势是不同的。在拉力 F 的作用下，A 有相对于地面向左运动的趋势，B 对 A 的摩擦力方向向右，所以是阻力。B 物在拉力作用下有向右运动的趋势，它受到的 A 对它的摩擦力方向向左，所以是阻力。综上所述，选项 A、D 正确。

26. **答案**：C



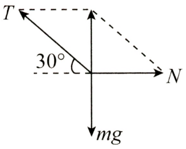
解析：由几何关系知，$\angle CAB=\angle DBA=60°$，分析 C 点受力由三角形定则容易求出 CD 绳的拉力为 $F_1=\frac{\sqrt{3}}{3}mg$，分析 D 点受力，由三角形定则知，当 F 与 BD 绳垂直时，施加的力最小，如图所示，$F=F_1\sin 60°=\frac{1}{2}mg$，选项 C 正确。

27. **答案**：B

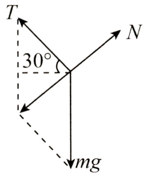
解析：在圆柱体缓慢转动的过程中，物块 P 的重力是定值，不随时间发生变化，A 错；物块 P 受三个力的作用，竖直向下的重力 G，沿半径指向外的支持力 F_N，沿切线方向的静摩擦力 F_f 因圆柱体缓慢移动，所以物块 P 在任意位置所受合力为零，D 错；对三力正交分解，设重力 G 与支持力 F_N 方向所夹锐角为 θ 则 $F_N=mg\cos\theta$，从 A 转至 A' 的过程中 θ 先减小后增大，所以 F_N 先增大后减小，B 对；而 F_f 先减小后增大，C 错。

28. **答案**：BD

解析：对题图甲分析，画出平行四边形如图 A 所示，由图知，斜拉线受到的拉力等于 $2mg$，轻杆对 P 点的作用力等于 $\sqrt{3}mg$。对题图乙分析，画出平行四边形如图 B 所示，由图知，斜拉线受到的拉力等于 mg，两根细线对滑轮的合力等于 mg，所以 B、D 对。



A



B

29. **答案**：A

解析：由于两包装箱的质地相同，则动摩擦因数相同。无论两包装箱匀速还是匀加速运动，a、b 之间均无相对运动趋势，故无相互作用力，包装箱 b 只受 3 个力的作用，A 正确，B 错误；当传送带因故突然停止时，两包装箱加速度仍然相同，故两者之间仍无相互作用力，C 错误；传送带因故突然停止后，包装箱受到的摩擦力与停止前无法比较，所以 D 错误。

30. **答案**：D

解析：图甲的情形中，钢索对人的作用力为 $m_人 g\cos 30°$，小于人的重力，B 错误；此时人的加速度 $a_人=\frac{m_人 g\sin 30°}{m_人}=g\sin 30°$，A 错误；图乙的情形中，轻绳竖直，人的加速度为零，滑环匀速下滑，钢索对轻环一定有摩擦力，C 错误；若轻环突然被卡而停止，人将以环为圆心做圆周运动，此时轻绳对人的拉力一定大于人的重力，D 正确。

31. **答案**：A

解析：以 A 为研究对象，所受合外力为 0，故 C 对 A 有向右的摩擦力，A 对 C 有向左的摩擦力，A 选项正确；对物体 B 来说，因其所受合外力为 0，故 B、C 间没有摩擦力，B 选项错误；以 A、B、C 整体为研究对象，在 F 作用下向左匀速运动，所受合外力为 0，故知地面对 C 有向右的摩擦力，C 对地有向左的摩擦力，C 受到 A 和地面给它的两个摩擦力的作用，选项 C、D 均错误。

32. **答案**：AD

解析：把 B、C 看做一个整体，对其受力分析，绳子对 B 的拉力在竖直方向有向上有分量，所以水平面对 C 的支持力比 B、C 的总重力要小，故 A 正确；若 A、B 的质量存在关系 $M_A g=M_B g\sin\theta$ 时，B 在斜面 C 上无相对运动趋势，所以此时 B、C 之间无摩擦力作用，故 B 错误；把 B、C 看做一个整体，对其受力分析，不论 B、C 间摩擦力大小、方向如何，绳子对 B 的拉力在水平方向上始终有向右的分量，所以整体有向右的运动趋势，所以水平面对 C 的摩擦力方向一定向左，故 C 错误；若将细线剪断，B 向下滑动时，B 对 C 有向下的滑动摩擦力，则 C 有向左的运动趋势，因此水平面对 C 有向右的摩擦力，故 D 正确。

33. **答案**：A

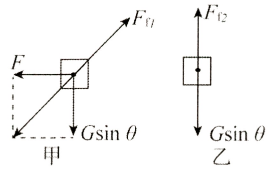
解析：将两个小球看成一个整体，并以此为研究对象。由于同时施加在两个小球上的两个恒力大小相等、方向相反、则对这个整体而言，这两个力互相平衡，其合力应为 0。这样该系统只受两个外力，即绳对 a 的拉力和地球对两球竖直向下的重力。根据力的平衡条件可知，这两个力应平衡，并且绳对 a 的拉力只能竖直向上。

34. **答案**:AC

解析:要卸掉全部沙子,沙子沿车厢底部方向应有:$mg\sin\theta>\mu_2 mg\cos\theta$,即 $\tan\theta>\mu_2$,选项 A 正确;要留有部分沙子在车厢,则 $\tan\theta<\mu_2$,$\tan\theta>\mu_1$,所以 C 项正确。

35. **答案**:BD

解析:物体静止于斜面上时,在斜面所在的平面上受力分析如图甲所示,它受三个力作用:水平力 F、物体重力沿斜面向下的分力 $G\sin\theta$ 和静摩擦力 F_{f1},三力平衡,合力为零。由图甲可知,$F_{f1}>G\sin\theta$,当将外力 F 撤去时,在斜面所处的平面内物体的受力将发生突变,变为图乙所示情况,因为斜面对物体的最大静摩擦力大于$G\sin\theta$,所以物体仍静止于斜面上,由平衡条件可知此时的静摩擦力 F_{f2} 大小等于 $G\sin\theta$,而静摩擦力 F_{f2} 的方向在其大小发生突变的同时也发生了突变:由原来沿斜面指向右上方变为沿斜面向上。



专题三　牛顿运动定律

[过关演练]

1. **答案**:C

解析:由于箱子在下降的过程中受到空气的阻力,加速度的大小要小于重力加速度,由牛顿第二定律可知物体一定要受到箱子底部对物体的支持力的作用,所以 A 错误;箱子刚从飞机上投下时,箱子的速度为零,此时受到的阻力的大小也为零,此时加速度的大小为重力加速度,物体处于完全失重状态,箱内物体受到的支持力为零;箱子接近地面时,速度最大,受到的阻力最大,所以箱子底部对物体向上的支持力也是最大的,所以 B 错误,C 正确;由以上的分析可知,箱子底部对物体向上的支持力随速度的增大而增大,箱内物体不可能"飘起来",所以 D 错误。

2. **答案**:C

解析:小车受重力、支持力及人对小车的压力及摩擦力而处于平衡状态;将重力分解,则在沿斜面方向向下的分力为 $Mg\sin\alpha$;要使小车处于平衡状态,则人对小车应有沿斜面向上的大小为 $Mg\sin\alpha$ 的力;由牛顿第三定律可知,人受向下的大小为 $Mg\sin\alpha$ 的摩擦力;对人受力分析,人受重力、支持力、向下的摩擦力;则人受到的合力为 $mg\sin\alpha+Mg\sin\alpha$;由牛顿第二定律可知 $a=\frac{mg\sin\alpha+Mg\sin\alpha}{m}=(1+\frac{M}{m})g\sin\alpha$,故 C 正确。

3. **答案**:C

解析:题图甲中直线的函数关系式为$\frac{1}{a}=km+b$,设小车质量为 M,当小车内放置砝码时,根据牛顿第二定律有,小车受到的合力大小 $F=(m+M)a$,即$\frac{1}{a}=\frac{1}{F}m+\frac{M}{F}$,两式对比可知 $M=\frac{b}{k}$,$F=\frac{1}{k}$,故只有选项 C 正确。

4. **答案**:AC

解析:当 $F_1=mg$,即 $kv=mg$,$v=\frac{mg}{k}$时,圆环水平方向不受摩擦力,则圆环的加速度最大为 $a=\frac{F}{m}$,A 正确,B 错误;当滑动摩擦力 $F_f=\mu(kv-mg)=F$ 时,对应的速度最大,$v=\frac{F+\mu mg}{\mu k}$,C 正确,D 错误。

5. **答案**:CD

解析:由牛顿第二定律得:$a=\frac{F-mg}{m}=\frac{F}{m}-g$,$F=0$ 时,$a=-g$ 为纵轴上的截距,由图线知,截距相等,所以 $g_A=g_B$,图线的斜率为$\frac{1}{m}$,A 的斜率大于 B 的斜率,所以 $m_A<m_B$。

6. **答案**:BC

解析:细线烧断前,对 B 球有 $kx=mg\sin\theta$,细线烧断瞬间,弹簧弹力与原来相等,B 球受力平衡,$a_B=0$,A 球所受合力为 $mg\sin\theta+kx=2mg\sin\theta$,解得 $a_A=2g\sin\theta$,故 A、D 错误,B、C 正确。

7. **答案**:B

解析:运动员由 $B\to C$ 的过程中,先向下加速后向下减速,即先失重后超重,但跳板的形变量一直变大,所以跳板所受的压力一直变大,A 项错,B 项对;运动员由 $C\to B$ 的过程中,先向上加速后向上减速,即先超重后失重,跳板所受的压力一直变小,C、D 项错。

8. **答案**:D

解析:剪断连接球 b 的细线后,b 球会向上加速运动,造成两球之间的静电力 $F_电$ 增大,剪断细线前由整体法 $F_N=Mg+m_ag+m_bg$,$F_电=m_bg+F$。剪断细线后对箱和 a 球有 $F'_N=Mg+m_ag+F'_电=F_N-m_bg+F'_电$,由于 $F'_电>F_电$,所以 $F'_N>F_N+F$,故选 D。

9. **答案**:BD

解析:由于两球由同种材料制成,甲球的质量大于乙球的质量,因此甲球的体积大于乙球的体积,甲球的半径大于乙球的半径,设球的半径为 r,根据牛顿第二定律,下落过程中 $mg-kr=ma$,$a=g-\frac{kr}{\rho\times\frac{4}{3}\pi r^3}=g-\frac{3k}{4\pi\rho r^2}$ 可知,球下落过程做匀变速直线运动,且下落过程中半径大的球下落的加速度大,因此甲球下落的加速度大,由 $h=\frac{1}{2}at^2$ 可知,下落相同的距离,甲球所用的时间短,A、C 项错误;由 $v^2=2ah$ 可知,甲球末速度的大小大于乙球末速度的大小,B 项正确;由于甲球受到的阻力大,因此克服阻力做的功多,D 项正确。

10. **答案**:D

解析:不受空气阻力的物体,整个上抛过程中加速度恒为 g,方向竖直向下,题图中的虚线表示该物体的速度—时间图象;受空气阻力的物体在上升过程中,$mg+kv=ma$,即 $a=g+\frac{kv}{m}$,随着物体速度的减小,物体的加速度不断减小,故 A 项错误;物体上升到最高点时,速度为零,此时物体的加速度也是 g,方向竖直向下,故图中实线与 t 轴交点处的切线的斜率应与虚线的斜率相同,故 D 项正确,B、C 项错误。

11. **答案**:BC

解析:设每节车厢的质量为 m,这列车厢的节数为 n,东边车厢的节数为 x,西边车厢的节数为 $n-x$。当机车在东边拉车厢时,对西边车厢受力分析,由牛顿第二定律可得 $F=(n-x)ma$;当机车在西边拉车厢时,对东边车厢受力分析,由牛顿第二定律可得 $F=\frac{2}{3}max$,联立可得 $n=\frac{5}{3}x$,x 为 3 的倍数,则 n 为 5 的倍数,选项 B、C 正确,选项 A、D 错误。

12. **答案**:B

解析:设一根橡皮条的拉力为 F,有:$nF-\mu mg=ma$,得:$a=\frac{F}{m}n-\mu g$,可见更换材料,只是改变了物体与水平面之间的动摩擦因数大小,并不影响 θ 角的大小。

13. **答案**:B

解析:行李放在传送带上,传送带对行李的滑动摩擦力使行李开始做匀加速直线运动,随后行李又以与传送带相等的速率做匀速直线运动。加速度为 $a=\mu g=1\ \text{m/s}^2$,历时 $t_1=\frac{v}{a}=1\ \text{s}$ 达到共同速度,位移 $x_1=\frac{v}{2}t_1=0.5\ \text{m}$,此后匀速运动 $t_2=\frac{2\ \text{m}-x_1}{v}=1.5\ \text{s}$ 到达 B,共用 2.5 s,乘客到达 B 历时 $t=\frac{2\ \text{m}}{v}=2\ \text{s}$,故 B 正确;若传送带速度足够大,行李一直加速运动,最短运动时间 $t_{\min}=\sqrt{\frac{2\times2\ \text{m}}{a}}=2\ \text{s}$,D 项错误。

14. **答案**:C

解析:本题考查用整体法、隔离法分析物体受力以及牛顿第二定律的应用。以 m_1、m_2 以及弹簧秤组成的系统为研究对象,则整体向右的加速度 $a=\frac{F_1-F_2}{m_1+m_2}=2\ \text{m/s}^2$;再以 m_1 为研究对象,设弹簧的弹力为 F,则 $F_1-F=m_1a$,得 $F=28\ \text{N}$,A、B 错误;突然撤去 F_2 的瞬间,弹簧的弹力不变,此时 m_2 的加速度 $a=\frac{F}{m_2}=7\ \text{m/s}^2$,C 正确;突然撤去 F_1 的瞬间,弹簧的弹力也不变,此时 m_1 的加速度 $a=\frac{F}{m_1}=28\ \text{m/s}^2$,D 错误。

15. **答案**:A

解析:当物体在水平地面上滑动时,所受摩擦力应该是滑动摩擦力,是不变的;当物体速度减为零后,其所受静摩擦力随 F 均匀减小,可见必然在 t_2 时刻物体的速度刚变为零,因此 F 是从 t_1 时刻开始减小的,综上所述只有 A 正确。

16. **答案**:B

解析:由于两小球加速度方向相同,所受弹力方向也应该相同,所以轻杆对小球的弹力方向与细线平行向上,选项 A 错误,B 正确;对细线悬挂的小铁球受力分析,由牛顿第二定律可得,小车一定以向右的加速度 $g\tan\alpha$ 做匀变速运动,可能向右匀加速,也可能向左匀减速,选项 C、D 错误。

17. **答案**:D

解析:滑块在水平方向受向左的滑动摩擦力 F_f 和弹簧向右的拉力 kx,合力 $F_合=F_f-kx=ma$,而 x 逐渐增大,所以加速度 a 先减小后反向增大,速度先增大后减小。

18. **答案**:BC

解析:本题主要考查牛顿第二定律及物体的运动规律。有拉力存在时,由于物块和木板发生相对滑动,所以木板的加速度大于物块的加速度,撤掉拉力时木板速度大于物块速度,由于木块与木板间存在摩擦,所以木板减速直至一起匀速运动,木块加速直至一起匀速运动,所以 B、C 正确,A、D 错误。

19. **答案**:B

解析:将人的加速度分解,水平方向 $a_x=a\cos\theta$,竖直方向 $a_y=a\sin\theta$。对于人根据牛顿第二定律,在水平方向有 $f=ma_x$,在竖直方向有 $F_N-mg=ma_y$,人处于超重状态,C 错误;当加速度由 a 变为 $\frac{a}{2}$ 时,摩擦力变为原来的一半,但支持力不为原来的一半,则它们的比值也发生变化,故 A、D 错误,B 正确。

20. **答案**:C

解析:重力沿斜面向下的分力为 $F_1=mg\sin30°=4$ N,可知 2~3 s 内物体加速度最大,A 错;由于 0~1 s 内和 1~2 s 内加速度等大反向,2 s 末物体的速度大小为零,B 错,C 对;在 2~3 s 内的加速度大小为 a_3,则有 $mg\sin 30°-F_3=ma_3$,$a_3=3.75\ m/s^2$,而 $a_1=\frac{5-4}{0.8}\ m/s^2=1.25\ m/s^2$,上升距离 $s_1=1.25$ m,下降距离为 $s_2=\frac{1}{2}a_3t_3^2=1.875\ m>s_1$,D 错。

21. **答案**:BD

解析:由题图乙可知:A、B 一起先做加速度减小的变加速运动,后做加速度增大的变减速运动,所以 B 项正确;全过程运动方向不变,$2t_0$ 时刻,A、B 位移最大,所以 D 项正确;A、C 项错误。

22. **答案**:C

解析:利用整体法和隔离法,对 A、B 组成的整体和物体 B 分别由牛顿第二定律列式求解,即得 C 选项正确。本题容易错选 A 或 C,草率地认为 A、B 置于粗糙水平面上时要受到摩擦力的作用,力 F 的大小不变,因此 L_2 应该短一些,或认为由于 A、B 质量关系未知,故 L_1、L_2 的大小关系无法确定。

23. **答案**:B

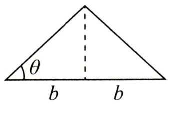
解析:对于 A、B 整体根据牛顿第二定律有:$F_A+F_B=(m_A+m_B)a$,设 A、B 间的作用力为 F,则对 B 根据牛顿第二定律可得:$F+F_B=m_Ba$,解得:$F=m_B\frac{F_A+F_B}{m_A+m_B}-F_B=\frac{16-4t}{3}$ N。当 $t=0$ 时,A 物体的加速度为 $\frac{11}{3m}$,$t=2$ s 时 A 的加速度为 $\frac{7}{3m}$,故 A 错误;当 $t=4$ s 时 $F=0$,A、B 两物体开始分离,此后 B 做匀加速直线运动,而 A 做加速度逐渐减小的加速运动,当 $t=4.5$ s 时,A 物体的加速度为零而速度不为零。$t>4.5$ s 后,A 所受合外力反向,即 A、B 的加速度方向相反。当 t>4 s 后,B 的加速度始终为 $a_B=\frac{F_B}{m_B}$。综上所述,选项 B 正确。

24. **答案**:C

解析:由牛顿第二定律可得,加速度 $a_A=a_B=\frac{\mu mg}{m}=2\ m/s^2$,$B$ 减速到 0 的时间为 $t_1=\frac{v_B}{a_B}=1$ s,1 s 内 A、B 各自发生的位移 $x_A=v_At-\frac{1}{2}a_At^2=5$ m,$x_B=v_Bt-\frac{1}{2}a_Bt^2=1$ m,由 $x_A+x_B<9$ m 可知,两物体相遇发生在 B 停下后。设两物体经过时间 t_2 相遇,$x=x_A'+x_B=9$ m,$x_A'=v_At_2+\frac{1}{2}a_At_2^2$,解得 $t_2=2$ s,C 项正确。

25. **答案**:C

解析:如图所示,设房顶宽为 $2b$,斜边长为 s,则 $s=\frac{b}{\cos\theta}$,对雨滴受力分析,根据牛顿第二定律得,$mg\sin\theta=ma$,由运动规律得,$s=\frac{1}{2}at^2$,解得,$t=\sqrt{\frac{4b}{g\sin 2\theta}}$,当 $\theta=45°$ 时,t 最小,C 项正确。



26. **答案**:D

解析:由图象可得,雪橇在 A 点加速度 $a_A=2.5\ m/s^2$;最终雪橇匀速运动时最大速度 $v_m=10$ m/s;设空气的阻力系数为 k,雪橇与斜面间的动摩擦因数为 μ,则由牛顿第二定律得:

$mg\sin 37°-\mu mg\cos 37°-5k=ma_A$,$mg\sin 37°-\mu mg\cos 37°-10k=0$,代入数据解得:$\mu=0.125$,$k=20$ N·s/m.

27. **答案**:B

解析:A、E 两点在以 D 为圆心半径为 $R=10$ m 的圆上,在 AE 上的滑行时间与沿 AD 所在的直径自由下落的时间相同,$t=\sqrt{\frac{4R}{g}}$ $=\sqrt{\frac{4AD}{g}}=2$ s,选 B。

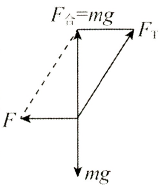
28. **答案**:ACD

解析:通过题图可知,物块在恒力 F 作用下先做匀减速直线运动,然后做反向匀加速直线运动。物体做匀减速直线运动的加速度大小为 $a_1=\frac{v_0^2}{2x_1}=3\ \text{m/s}^2$,物块做匀减速直线运动的时间为 $t_1=\frac{v_0}{a_1}=2$ s,故 A 正确;物块做匀加速直线运动的加速度大小为 $a_2=\frac{v^2}{2x_2}=1\ \text{m/s}^2$,反向加速到出发点的时间 $t'=\sqrt{\frac{2x_1}{a_2}}=2\sqrt{3}$ s,故 B 错误;根据牛顿第二定律得 $F+F_f=ma_1$,$F-F_f=ma_2$,联立两式解得 $F=2$ N,$F_f=1$ N,则动摩擦因数为 $\mu=\frac{F_f}{mg}=0.1$,故 C、D 正确。

29. **答案**:C

解析:若将滑轮视为轻质,即 $m=0$,而绳为轻质,故 $T_1=T_2$,由牛顿第二定律 $m_2g-T_1=m_2a$,$T_1-m_1g=m_1a$,得 $a=\frac{m_2g-m_1g}{m_1+m_2}$,$T_1=\frac{2m_2m_1g}{m_1+m_2}$;当 $m=0$ 时对各选项逐一进行验证,只有 C 正确;当 $m_1=m_2$ 时,则 $T_1=T_2=m_1g$,同时对各选项逐一验证,只有 C 正确。

30. **答案**:ABD



解析:因为未剪断轻绳时水平面对小球的弹力为零,小球在绳没有断时受到轻绳的拉力 F_T 和弹簧的弹力 F 作用而处于平衡状态。依据平衡条件得:轻弹簧的弹力为 $F=mg\tan\theta=20$ N,故选项 A 正确。剪断轻绳后小球在竖直方向仍平衡,水平面支持力与小球所受重力平衡,即 $F_N=mg$;由牛顿第二定律得小球的加速度为 $a=\frac{F-\mu F_N}{m}=\frac{20-0.2\times20}{2}\ \text{m/s}^2=8\ \text{m/s}^2$,方向向左,选项 B 正确。当剪断弹簧的瞬间,小球立即受地面支持力和重力作用,且二力平衡,加速度为 0,选项 C 错误、D 正确。

31. **答案**:B

解析:由图象可知运动员运动前 $mg=F_0=500$ N,$m=50$ kg

由图象可知运动员运动稳定后每次腾空时间为:$t=11\ \text{s}-9.4\ \text{s}=1.6$ s

运动员离开弹簧床上升的最大高度为 $H=\frac{1}{2}g\left(\frac{t}{2}\right)^2=3.2$ m,选项 B 正确。

32. **答案**:D

解析:D 项中 $a=\frac{g}{\sin\theta}$,当 $\theta<90°$时,$\sin\theta<1$,此时 $a=\frac{g}{\sin\theta}>g$,这是不可能出现的,因此,D 项错误,符合题意,A、B、C 均正确。

33. **答案**:B

解析:在 A、B 相对滑动前,对 A、B 整体由牛顿第二定律得 $a=\frac{F}{2m}=\frac{kt}{2m}$,故 A、B 的加速度随时间的增大而增大,速度—时间图象是一向上弯曲的曲线;A 相对 B 刚好要滑动时,对 B 由牛顿第二定律得 $a=\frac{F_f}{m}$,由于 $\frac{kt}{2m}=\frac{F_f}{m}$,故 $t=\frac{2F_f}{k}$;在 A 相对 B 滑动后,B 的加速度 $a=\frac{F_f}{m}$为一恒量,速度—时间图象是一倾斜向上的直线,故 B 正确。

34. **答案**:ACD

解析:当小木块刚放到传送带上时 $\mu mg=ma$ 得 $a=\mu g$

设小木块加速到 v 时运动的距离为 L_0,由 $v^2=2aL_0$ 得 $L_0=\frac{v^2}{2g}$

(1)当 $L\leqslant L_0$ 时,小木块一直加速,$v\geqslant at$ 得 $t\leqslant\frac{v}{\mu g}$或由 $L=\frac{1}{2}at^2$ 得 $t=\sqrt{\frac{2L}{\mu g}}$或由 $L\leqslant\frac{1}{2}vt$ 得 $t\geqslant\frac{2L}{v}$,故 C、D 正确。

(2)当 $L>L_0$时,小木块先加速后匀速,加速阶段有 $v=at_1$ 得 $t_1=\frac{v}{\mu g}$,匀速阶段有 $L-L_0=vt_2$ 得 $t_2=\frac{L}{v}-\frac{v}{2\mu g}$由 $t=t_1+t_2$ 得 $t=\frac{L}{v}+\frac{v}{2\mu g}$,故 A 正确。

35. **答案**:BC

解析:(1)如果小物体 P 的速度 v_2 小于水平传送带的速度 v_1,则小物体 P 受到的滑动摩擦力方向水平向右,①当小物体 P 受到的滑动摩擦力大于小物体 Q 所受到的重力时,在滑动摩擦力和细绳的弹力的作用下使得小物体 P 继续加速,当小物体 P 的速度与水平传送带的速度 v_1 相同时,停止加速,由于小物体 P 受到水平向右的最大静摩擦力(略大于滑动摩擦力)大于小物体 Q 所受到的重力,小物体 P 将与水平传送带一起做匀速直线运动直至从水平传送带的右侧滑出,则 B 图中的 $v-t$ 图象与之对应;②当小物体 P 受到的滑动摩擦力等于小物体 Q 所受到的重力时,在滑动摩擦力和细绳的弹力的作用下使得小物体 P 以速度 v_2 做匀速直线运动直至从水平传送带的右侧滑出,无 $v-t$ 图象与之对应;③当小物体 P 受到的滑动摩擦力小于小物体 Q 所受到的重力时,有可能在滑动摩擦力和细绳的弹力的作用下使得小物体 P 做匀减速直线运动直至从水平传送带的右侧滑出,无 $v-t$ 图象与之对应;也有可能在滑动摩擦力和细绳的弹力的作用下使得小物体 P 做匀减速直线运动直至速度变为零然后做加速度不变的反方向的匀加速直线运动直至从水平传送带的左侧滑出,无 $v-t$ 图象与之对应;(2)如果小物体 P 的速度 v_2 大于水平传送带的速度 v_1,则小物体 P 受到的滑动摩擦力方向水平向左,在滑动摩擦力和细绳的弹力的作用下使得小物体 P 做匀减速直线运动,①有可能小物体 P 一直做匀减速直线运动直至从水平传送带的右侧滑出,无 $v-t$ 图象与之对应;②有可能速度与水平传送带的速度 v_1 相同时,停止减速,若小物体 P 受到水平向右的最大静摩擦力大于或等于小物体 Q 所受到的重力,小物体 P 将与水平传送带一起做匀速直线运动直至从水平传送带的右侧滑出,无 $v-t$ 图象与之对应;若小物体 P 受到水平向右的最大静摩擦力小于小物体 Q 所受到的重力,小物体 P 将又开始做匀减速直线运动,有可能一直做匀减速直线运动直至从水平传送带的右侧滑出,无 $v-t$ 图象与之对应;有可能先减速到零然后做加速度大小不变的反向的匀加速直线运动直至从水平传送带的左端滑出,则 C 图中的 $v-t$ 图象与之对应。

专题四　曲线运动

[过关演练]

1. **答案**:AD

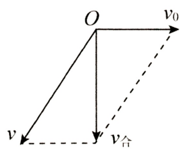
解析:物体做速率逐渐增加的直线运动时,其所受合外力的方向一定与速度方向相同,A 项对;当物体做平抛运动时,速率在变化,合外力的方向没变,B 项错;当物体做变速率圆周运动时其所受合外力的方向一定不指向圆心,C 项错;当物体做匀速率曲线运动时,其所受合外力的方向总是与速度方向垂直,合外力只改变速度方向,不改变速度大小,D 项对。

2. **答案**:BC

解析:根据题述,设 α、β 分别是 C 的速度方向与 CA、CB 的夹角,$v_C\cos\alpha=v_A$,$v_C\cos\beta=v_B$,由此可知 C 的速度大小一定不小于 A、B 的速度大小,选项 A 错误,B 正确。根据题意,满足条件的 C 的速度方向不一定在 CA 和 CB 的夹角范围内,选项 D 错误,C 正确。

3. **答案**:C

解析:设游速为 v,水速为 v_0,$OA=OB=l$,则甲运动时间 $t_甲=\frac{l}{v+v_0}+\frac{l}{v-v_0}$;乙沿 OB 运动,乙的速度矢量图如图,合速度必须沿 OB 方向,则乙时间 $t_乙=\frac{l}{\sqrt{v^2-v_0^2}}\times 2$,联立解得:$t_甲>t_乙$,C 正确。



4. **答案**:C

解析:开始时小球相对观察者是做自由落体运动,当车突然加速时,等效成小球相对汽车向左突然加速,刚开始加速时,水平方向的相对速度较小,随着时间的延长,水平方向的相对速度逐渐增大,故观察者看到的小球的运动轨迹应该是 C 图。

5. **答案**:D

解析:由于船的速度大小相等,且与河岸的夹角相同,所以船速在垂直于河岸方向上的分速度大小相同,渡河的时间由船垂直河岸的速度的大小决定,故船到达对岸的时间相等;船的位移决定于平行河岸方向的速度大小,结合题意知 $s_1>s_2$。

6. **答案**:C

解析:由受力的特点知,滑动摩擦力总是与物体的相对运动的方向相反,所以滑动摩擦力应沿速度切线方向,而雪橇还做匀速圆周运动,即合外力提供向心力,切线方向的合力为零,选项 C 正确。

7. **答案**:B

解析:足球做平抛运动,平抛运动的高度为 h,平抛运动的水平位移 $d=\sqrt{s^2+\left(\frac{L}{2}\right)^2}$,足球的位移为$\sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2+h^2+s^2}$,A 项错误;足球运动的时间 $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$,足球的初速度为 $v_0=\frac{d}{t}=\sqrt{\frac{g}{2h}\left(\frac{L^2}{4}+s^2\right)}$,B 项正确;足球末速度的大小 $v=\sqrt{v_0^2+v_y^2}=\sqrt{\frac{g}{2h}\left(\frac{L^2}{4}+s^2\right)+2gh}$,C 项错误;足球初速度的方向与球门线夹角的正切值为 $\tan\theta=\frac{s}{\frac{L}{2}}=\frac{2s}{L}$,D 项错误。

8. **答案**:ACD

解析:由几何关系可求得路线①、②、③的长度分别为 $2r+\pi r$、$2r+2\pi r$、$2\pi r$,比较可知,路线①最短,A 项正确;由 $F_{max}=m\frac{v^2}{R}$可知,R 越小,速率越小,因此沿路线①速率最小,B 项错误;沿路线①、②、③运动的速率分别为$\sqrt{\frac{F_{max}r}{m}}$、$\sqrt{\frac{2F_{max}r}{m}}$、$\sqrt{\frac{2F_{max}r}{m}}$,由三条路线长度与速率的比值比较可知,选择路线③所用时间最短,C 项正确;$F_{max}=ma$ 可知,三条路线的圆弧上赛车的向心加速度大小相等,D 项正确。

9. **答案**:AC

解析:本题考查了圆周运动与受力分析。a 与 b 所受的最大静摩擦力相等,而 b 随圆盘转动需要的向心力较大,所以 b 先滑动,A 项正确;在未滑动之前,a、b 各自受到的摩擦力提供其向心力,因此 b 受到的摩擦力大于 a 受到的摩擦力,B 项错误;b 处于临界状态时,$kmg=m\omega^2\cdot 2l$,解得 $\omega=\sqrt{\frac{kg}{2l}}$,C 项正确;$a$ 处于临界状态时 $kmg=m\omega^2 l$,则 $\omega=\sqrt{\frac{2kg}{3l}}$小于 a 的临界角速度,a 所受摩擦力没有达到最大值,D 项错误。

10. **答案**:C

解析:物体在其轨迹最高点 P 处只有水平速度,其水平速度大小为 $v_0\cos\alpha$,根据牛顿第二定律得 $mg=m\frac{(v_0\cos\alpha)^2}{\rho}$,所以在其轨迹最高点 P 处的曲率半径是 $\rho=\frac{v_0^2\cos^2\alpha}{g}$,C 正确。

11. **答案**:D

解析:物块向右匀速运动时,绳中的张力等于物块的重力 Mg,因为 $2F$ 为物块与夹子间的最大静摩擦力,当物块向上摆动做圆周运动时,静摩擦力大于 Mg,说明物块做匀速运动时所受的静摩擦力小于 $2F$,A 项错误;当小环碰到钉子 P 时,由于不计夹子的质量,因此绳中的张力等于夹子与物块间的静摩擦力,即小于或等于 $2F$,B 项错误;如果物块上升的最大高度不超过细杆,则根据机械能守恒可知,$Mgh=\frac{1}{2}Mv^2$,即上升的最大高度 $h=\frac{v^2}{2g}$,C 项错误;当物块向上摆动的瞬间,如果物块与夹子间的静摩擦力刚好为 $2F$,此时的速度 v 是最大速度,则 $2F-Mg=M\frac{v^2}{L}$,解得 $v=\sqrt{\frac{(2F-Mg)L}{M}}$,D 项正确。

12. **答案**:D

解析:小钢球从 A 到 C 的过程中水平方向的分速度 v_x,先是匀速直线运动,后是匀加速直线运动,A、B 错误;小钢球从 A 到 C 的过程中竖直方向的分速度 v_y,先是加速度为 g 的匀加速直线运动,后是加速度为$\frac{g}{4}$的匀加速直线运动,C 错误,D 正确。

13. **答案**:D

解析:设小球刚好过 D 点的速度为 v_D,由 $mg=m\frac{v_D^2}{R}$得,$v_D=\sqrt{gR}$,当落至与 B 点等高的水平面上时,平抛的水平位移 $x=v_D\sqrt{\frac{2R}{g}}=\sqrt{2}R>R$,故经过 D 点后小球不可能落至 B 点,只有 D 正确。

14. **答案**:A

解析:飞镖做平抛运动,运动时间为 $t=\frac{x}{v_0}$,当 $v\geqslant 50$ m/s 时,$t\leqslant 0.1$ s,飞镖下落高度为 $h=\frac{1}{2}gt^2\leqslant 5$ cm,落在 6 环以内,故 A 错误,B 正确;若要击中第 10 环的圆内,则飞镖运动时间 $t\leqslant\sqrt{0.002}$ s,解得飞镖的速度 v 至少应为 $50\sqrt{5}$ m/s,C 正确;同理若要击中靶子,则飞镖运动时间 $t\leqslant\sqrt{0.02}$ s,所以飞镖的速度 v 至少应为 $25\sqrt{2}$ m/s,D 正确。

15. **答案**:B

解析:设 b 摆至最低点时的速度为 v,b 所拉绳子长度为 l,由机械能守恒定律可得:$mgl(1-\cos 60°)=\frac{1}{2}mv^2$,解得 $v=\sqrt{gl}$。设 b

摆至最低点时绳子的拉力为 F_T，由圆周运动知识得：$F_T-m_bg=m_b\frac{v^2}{l}$，解得 $F_T=2m_bg$，对演员 a 有 $F_T=m_ag$，所以，演员 a 的质量与演员 b 的质量之比为 2∶1。

16. **答案**：C

解析：当光束转到与竖直方向夹角为 θ 时，云层底面上光点转动的线速度为 $\frac{h\omega}{\cos\theta}$。设云层底面上光点的移动速度为 v，则有 $v\cos\theta=\frac{h\omega}{\cos\theta}$，解得云层底面上光点的移动速度 $v=\frac{h\omega}{\cos^2\theta}$，选项 C 正确。

17. **答案**：D

解析：A、B 同轴转动，角速度相同，选项 B 错误；由 $v=\omega r$ 可知，A、B 线速度不同，选项 A 错误；设图示时刻杆转动的角速度为 ω，对于 B 点有 $v\sin\theta=\omega\frac{h}{\sin\theta}$，$\omega=\frac{v\sin^2\theta}{h}$ 而 A、B 两点角速度相同，则有 $v_A=\omega l$，联立解得 $v_A=\frac{vl\sin^2\theta}{h}$，故选项 C 错误，选项 D 正确。

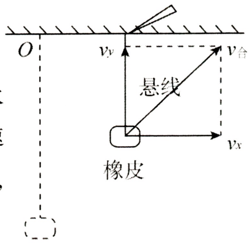
18. **答案**：D

解析：设小球释放点距木板上端的水平距离为 h，由几何关系可知，$\theta=45°$，所以下落高度为 h，根据自由落体运动规律，末速度 $v=\sqrt{2gh}$，也就是平抛运动的初速度，设平抛运动的水平位移和竖直位移，分别为 x 和 y，因 $\theta=45°$，所以 $x=y$，由平抛运动规律 $x=vt$、$y=\frac{1}{2}gt^2$，联立解得 $x=4h$，由题意可知 $4\sqrt{2}h+\sqrt{2}h=\sqrt{2}L$，解得 $h=\frac{1}{5}L$，所以选项 D 正确。

19. **答案**：ABC

解析：根据题意分析可知，乒乓球在球台上的运动轨迹具有对称性，显然发球时的高度等于 h，从发球到运动到 P_1 点的水平位移等于 $\frac{1}{4}L$，所以可以求出球的初速度大小，也可以求出球从发出到第一次落在球台上的时间。由于对方运动员接球的位置未知，所以无法求出球从发出到被对方运动员接住的时间。

20. **答案**：A



解析：本题主要考查运动的合成与分解。橡皮的运动可分解为竖直向上和水平向右。如图，可知橡皮水平向右的速度与铅笔水平向右的速度相同，故 v_x 恒定；橡皮竖直向上的速度等于竖直方向绳子缩短的速度，等于水平方向绳子缩短的速度，即为铅笔的速度，故 v_y 恒定。所以橡皮的速度 $v_合=\sqrt{v_x^2+v_y^2}$ 恒定，故 A 项正确。综上所述，本题正确答案为 A。

21. **答案**：B

解析：设轻杆对小球的作用力大小为 F，方向向上，小球做完整的圆周运动经过最高点时，对小球，由牛顿第二定律得 $mg-F=m\frac{v^2}{L}$，当轻杆对小球的作用力大小 $F=mg$ 时，小球的速度最小，最小值为零，所以选项 A 错。由 $mg-F=m\frac{v^2}{L}$ 可得在最高点轻杆对小球的作用力 $F=mg-m\frac{v^2}{L}$，若小球在最低点的初速度从 v_0 逐渐增大，小球经过最高点时的速度 v 也逐渐增大，所以轻杆对小球的作用力 F 先减小后增大（先为支持力后为拉力），由牛顿第三定律可得小球在最高点对轻杆的作用力先减小后增大，因此选项 B 对。在最低点，由 $F-mg=m\frac{v^2}{L}$ 可得轻杆对小球的作用力（拉力）$F=mg+m\frac{v^2}{L}$，若小球在最低点的初速度从 v_0 逐渐增大，则轻杆对小球的作用力（拉力）一直增大，选项 C 错。轻杆绕水平轴在竖直平面内运动，小球不是做匀速圆周运动，所以合外力的方向不是始终指向圆心，选项 D 错。

22. **答案**：B

解析：要使在最高点时盒子与小球之间作用力恰好为 mg，则盒子顶部对小球必然有向下的弹力 mg，则有 $mg+mg=\frac{mv^2}{R}$，解得该盒子做匀速圆周运动的速度 $v=\sqrt{2gR}$，该盒子做匀速圆周运动的周期为 $T=\frac{2\pi R}{v}=\pi\sqrt{\frac{2R}{g}}$，选项 A 错误，B 正确；在最低点时，盒子与小球之间的作用力和小球重力的合力提供小球运动的向心力，由 $F-mg=\frac{mv^2}{R}$，解得 $F=3mg$，选项 C、D 错误。

23. **答案**：C

解析：小车突然停止运动，球 B 也随之停止运动，故 $F_B=mg$，

球 A 开始从最低点摆动，则

$F_A-mg=m\frac{v^2}{L}$，$F_A=m(g+\frac{v^2}{L})=3mg$

所以 $\frac{F_B}{F_A}=\frac{1}{3}$。

24. **答案**:BCD

解析:设斜面倾角为 θ,A 点到 BC 面的高度为 h,则 $\frac{h}{\sin\theta}=\frac{1}{2}gt_1^2\sin\theta$,平抛落到 B 点时,$h=\frac{1}{2}gt_2^2$,以较大的速度平抛,落到 BC 面上时,$h=\frac{1}{2}gt_3^2$,可得出:$t_1=\sqrt{\frac{2h}{g\sin^2\theta}}>\sqrt{\frac{2h}{g}}=t_2=t_3$,故 A 正确,B、C、D 错误。

25. **答案**:BD

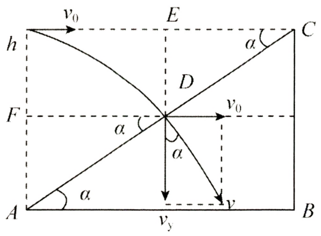
解析:小球在最高点恰好对轨道没有压力时,小球 b 所受重力充当向心力,$mg=m\frac{v_0^2}{R}$,$v_0=\sqrt{gR}$,小球从最高点运动到最低点过程中,只有重力做功,小球的机械能守恒,$2mgR+\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}mv^2$,解以上两式可得:$v=\sqrt{5gR}$,B 项正确;小球在最低点时,$F_{向}=m\frac{v^2}{R}=5mg$,在最高点和最低点所需向心力的差为 $4mg$,A 项错误;小球在最高点,重力和内管对小球的支持力可以提供向心力,所以小球通过最高点的最小速度可以为零,再由机械能守恒定律可知,$2mgR=\frac{1}{2}mv'^2$,解得 $v'=2\sqrt{gR}$,C 项错误;当 $v\geqslant\sqrt{5gR}$时,小球在最低点所受支持力 $F_1=mg+\frac{mv^2}{R}$,由最低点运动到最高点,$2mgR+\frac{1}{2}mv_1^2=\frac{1}{2}mv^2$,小球对轨道压力 $F_2+mg=m\frac{v_1^2}{R}$,解得 $F_2=m\frac{v^2}{R}-5mg$,$F_1-F_2=6mg$,可见小球 a 对轨道最低点压力比小球 b 对轨道最高点压力都大 $6mg$,D 项正确。

26. **答案**:C

解析:由题知,C 点的速度大小为 $v_C=\omega l$,设 v_C 与绳之间的夹角为 θ,把 v_C 沿绳和垂直绳方向分解可得,$v_{绳}=v_C\cos\theta$,在转动过程中 θ 先减小到零再反向增大,故 $v_{绳}$ 先增大后减小,重物 M 做变速运动,其最大速度为 ωl,C 正确。

27. **答案**:CD

解析:解决本题的关键是全面理解"小球不脱离圆轨道运动"所包含的两种情况:(1)小球通过最高点并完成圆周运动;(2)小球没有通过最高点,但小球没有脱离圆轨道。对于第(1)种情况,当 v_0 较大时,小球能够通过最高点,这时小球在最高点处需要满足的条件是 $mg\leqslant\frac{mv^2}{r}$,又根据机械能守恒定律有$\frac{1}{2}mv^2+2mgr=\frac{1}{2}mv_0^2$,可求得 $v_0\geqslant2\sqrt{5}$ m/s,故选项 C 正确;对于第(2)种情况,当 v_0 较小时,小球不能通过最高点,这时对应的临界条件是小球上升到与圆心等高位置处,速度恰好减为零,根据机械能守恒定律有 $mgr=\frac{1}{2}mv_0^2$,可求得 $v_0\leqslant2\sqrt{2}$ m/s,故选项 D 正确。



28. **答案**:D

解析:如图所示,设平抛初速度为 v_0,落到 D 处时的竖直速度为 v_y,所用时间为 t,对 Rt△AFD,$AD=\frac{v_0t}{\cos\alpha}$;对 Rt△CED,$CD=\frac{\frac{1}{2}gt^2}{\sin\alpha}$。在速度三角形中 $\tan\alpha=\frac{v_0}{gt}$,解以上三式得$\frac{CD}{DA}=\frac{1}{2\tan^2\alpha}$,D 对。

29. **答案**:ABD

解析:甲被抛出后,做平抛运动,属于匀变速曲线运动;乙被抛出后,做竖直上抛运动,属于匀变速直线运动。它们的加速度均为重力加速度,从抛出时刻起,以做自由落体运动的物体为参考系,则甲做水平向右的匀速直线运动,乙做竖直向上的匀速直线运动,于是相遇时间

$t=\frac{x}{v_1}=\frac{H}{v_2}$ ①

乙上升到最高点需要时间:$t_1=\frac{v_2}{g}$

从抛出到落回原处需要时间:$t_2=\frac{2v_2}{g}$

要使甲、乙相遇发生在乙上升的过程中,只要使 $t<t_1$ 即可,即$\frac{H}{v_2}<\frac{v_2}{g}$,则:$v_2>\sqrt{gH}$ ②

要使甲、乙相遇发生在乙下降的过程中,只要使 $t_1<t<t_2$ 即可,即$\frac{v_2}{g}<\frac{H}{v_2}<\frac{2v_2}{g}$,得:

$\sqrt{\frac{gH}{2}}<v_2<\sqrt{gH}$ ③

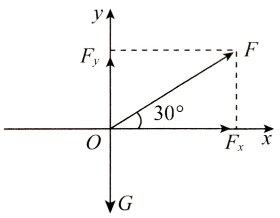
若相遇点离地面高度为$\frac{H}{2}$,则$\frac{H}{2}=v_2t-\frac{1}{2}gt^2$

将①式代入上式，可得 $v_2=\sqrt{gH}$ ④

由①～④式可知，A、B、D 项正确。

30. **答案**：BC

解析：女运动员做圆锥摆运动，由对女运动员受力分析可知，受到重力、男运动员对女运动员的拉力，如图所示，竖直方向合力为零，由 $F\sin 30°=G$ 得 $F=2G$，B 项正确。水平方向的合力提供匀速圆周运动的向心力，有 $F\cos 30°=ma_{向}$，即 $2mg\cos 30°=ma_{向}$，所以 $a_{向}=\sqrt{3}g$，C 项正确。



31. **答案**：B

解析：此题为杆模型，小球在最高点的速度可以为零，选项 A 错误，B 正确；小球在水平线 ab 以下管道中运动时，内侧管壁对小球没有作用力，外侧管壁对小球一定有作用力，选项 C 错误；小球在水平线 ab 以上管道中运动时，内侧管壁对小球有没有作用力要视小球的速度情况而定，选项 D 错误。

32. **答案**：BC

解析：小球从 D 到 A 过程，由机械能守恒定律有：$mg(H-2R)=\frac{1}{2}mv^2$ ①

小球从 A 端抛出后

$2R=\frac{1}{2}gt^2$ ②

$x=vt$ ③

联立以上各式得：$x=2\sqrt{2RH-4R^2}$ ④

故选项 A 错，B 对。由④式可知，只要 $H>2R$，小球就可以做平抛运动，故选项 C 对，D 错。

33. **答案**：AD

解析：两球恰在斜面中点 P 相遇，则在水平方向上它们的位移相同，即 $v_2t=v_1t\cos 60°$，得 $v_1:v_2=2:1$，A 正确，B 错误；若小球 b 以 $2v_2$ 水平抛出，竖直方向上 a 球的分速度不变，b 球做自由落体运动不变，若还能相遇，则仍然在与 P 点等高处相遇，但 b 的水平初速度变为 $2v_2$，水平方向相遇点会向左移动，所以两小球不能再相遇，C 错误；小球 a、b 原来在 P 点相遇，b 球竖直方向的平均速度等于 $v_1\sin\theta$，b 球的水平速度变为 $2v_2$，小球 b 会落在 P 点上方，在这段时间里，a 球在竖直方向的速度会大于 b 球在竖直方向做自由落体运动的平均速度，则 b 球落在斜面上时，a 球在 b 球的下方，D 正确。

34. **答案**：D

解析：初速度为零的匀变速直线运动推论：(1)从静止开始通过连续相等的位移所用时间之比 $t_1:t_2:t_3:\cdots=1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2}):\cdots$；(2)前 h、前 $2h$、前 $3h$、…所用的时间之比为 $1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\cdots$。在本题中，三把飞刀做的都是斜抛运动，斜抛运动可以分解为水平方向的匀速直线运动和竖直方向上的匀变速直线运动。因为三把飞刀都是垂直打在木板上，所以飞刀在竖直方向上做匀减速直线运动，且末速度为零，而在水平方向上做匀速直线运动. 采用逆向思维，把飞刀在竖直方向上的运动看做是反向的初速度为零的匀加速直线运动，运用上述推论可知，三次飞行时间之比为 $t_M:t_N:t_P=\sqrt{3}:\sqrt{2}:1$，根据公式 $v=gt$ 可知，三次初速度的竖直分量之比为 $v_{yM}:v_{yN}:v_{yP}=\sqrt{3}:\sqrt{2}:1$，所以选项 B、C 错误；设 O 点到竖直墙的水平距离为 L，三次初速度的水平分量分别为 v_{xM}、v_{xN} 和 v_{xP}，它们也是三把飞刀击中木板时的合速度，则 $v_{xM}t_M=v_{xN}t_N=v_{xP}t_P=L$，又 $t_M:t_N:t_P=\sqrt{3}:\sqrt{2}:1$，所以 $v_{xM}:v_{xN}:v_{xP}=\frac{\sqrt{3}}{3}:\frac{\sqrt{2}}{2}:1$，可见，它们大小不等，所以三把飞刀在击中板时的动能不相同，选项 A 错误；因为 $\tan\theta=\frac{v_y}{v_x}$，所以 $\tan\theta_1:\tan\theta_2:\tan\theta_3=3:2:1$，$\theta_1>\theta_2>\theta_3$，选项 D 正确。

35. **答案**：AC

解析：要使物体从 O 点平抛出去，在 O 点有 $mg\leqslant\frac{mv^2}{R}$，解得物体从 O 点平抛出去的最小速度 $v_{\min}=\sqrt{gR}$。设 $\angle CO_1O=\theta$，由机械能守恒定律，$mgR(1-\cos\theta)=\frac{1}{2}mv^2$，解得 $\angle CO_1O=\theta=60°$，选项 A 正确，B 错误；由平抛运动规律，$x=vt$，$R=\frac{1}{2}gt^2$，解得落地点距 O_2 最近为 $\sqrt{2}R$。若物体从 A 点下滑，到达 O 点时速度为 $v=\sqrt{2gR}$。由平抛运动规律，$x=vt$，$R=\frac{1}{2}gt^2$，解得落地点距 O_2 最远为 $2R$，选项 C 正确，D 错误。

专题五　万有引力与航天

［过关演练］

1. **答案**：B

解析：若想检验“使月球绕地球运动的力”与“使苹果落地的力”遵循同样的规律——万有引力定律，则应满足 $G\frac{Mm}{r^2}=ma$，即加速度 a 与距离 r 的平方成反比，由题中数据知，选项 B 正确，其余选项错误。

2. **答案**：C

解析：本题考查开普勒定律，意在考查考生对开普勒三定律的理解。由于火星和木星在椭圆轨道上运行，太阳位于椭圆轨道的一个焦点上，A 项错误；由于火星和木星在不同的轨道上运行，且是椭圆轨道，速度大小变化，火星和木星的运行速度大小不一定相等，B 项错误；由开普勒第三定律可知，$\frac{a_火^3}{T_火^2}=\frac{a_木^3}{T_木^2}=k$，$\frac{T_火^2}{T_木^2}=\frac{a_火^2}{a_木^3}$，C 正确；由于火星和木星在不同的轨道上，运行速度不等，故相同时间内，它们与太阳的连线在相同的时间内扫过的面积不相等，D 项错误。

3. **答案**：AD

解析：由万有引力定律 $F=\frac{GMm}{R^2}\frac{F_{太阳}}{F_月}=\frac{M_{太阳}}{M_月}\cdot\frac{R_月^2}{R_{太阳}^2}$，代入数据可知，太阳的引力远大于月球的引力；由于月心到不同区域海水的距离不同，所以引力大小有差异。

4. **答案**：AC

解析：由 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}=mr\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$ 得：$v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$，$T=2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$，可知，轨道半径越大，线速度越小，周期越大，A 项正确，B 项错误；若测得周期和轨道半径，由 $G\frac{Mm}{r^2}=mr\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$ 可知，可以测得星球的质量，但由于星球的半径未知，不能求得星球的平均密度，D 项错误；若测得张角 θ，可求得星球半径 R 与轨道半径 r 的比值为 $\frac{R}{r}=\sin\frac{\theta}{2}$，由 $G\frac{Mm}{r^2}=mr\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$ 和 $\rho=\frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$ 得，$\rho=\frac{3\pi}{GT^2}\left(\frac{r}{R}\right)^3=\frac{3\pi}{GT^2\sin^3\frac{\theta}{2}}$，因此 C 项正确。

5. **答案**：B

解析：对于地球同步卫星，$F_万=F_向$，$F_万=\frac{GMm}{r^2}=m\frac{4\pi^2r}{T^2}=m\frac{v^2}{r}=ma_向=F_向$

得 $r=R+h=\sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$，可得 $h=\sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}-R$，A 错误。

得 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}=\sqrt{\frac{GM}{R+h}}$，而第一宇宙速度 $v_0=\sqrt{\frac{GM}{R}}$，$v<v_0$，故 B 正确。

得 $F_向=F_万=\frac{GMm}{r^2}=\frac{GMm}{(R+h)^2}$，故 C 错误。

得 $a_向=\frac{GM}{r^2}=\frac{GM}{(R+h)^2}$ 而 $g=\frac{GM}{R^2}$，故 $a_向<g$，D 错误。

6. **答案**：AD

解析：卫星运行速度为 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$，因同步卫星的轨道半径大于近地卫星的轨道半径，所以有 $v_2>v_1$，同步卫星与地球自转的角速度相同，由 $v=\omega r$ 可知，$v_1>v_3$。卫星做圆周运动的加速度为 $a=\frac{GM}{r^2}$，因同步卫星的轨道半径大于近地卫星的轨道半径，所以有 $a_2>a_1$，同步卫星与地球自转的角速度相同，由 $a=\omega^2r$ 可知，$a_1>a_3$。

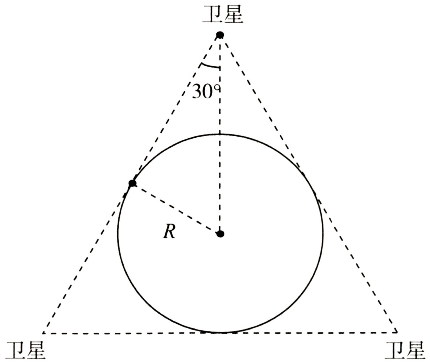
7. **答案**：C

解析：人造地球卫星绕地球做匀速圆周运动，万有引力提供向心力：$G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$，故人造地球卫星的动能 $E_k=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}\frac{GMm}{r}$，

而引力势能 $E_p=-\frac{GMm}{r}$，人造地球卫星机械能 $E=E_p+E_k$。由能量守恒定律，因摩擦而产生的热量：$Q=E_1-E_2=(E_{k1}+E_{p1})-(E_{k2}+E_{p2})$，代入 R_1 和 R_2 得：$Q=\frac{GMm}{2}\left(\frac{1}{R_2}-\frac{1}{R_1}\right)$，故选 C。

8. **答案**：B

解析：地球自转周期变小，卫星要与地球保持同步，则卫星的公转周期也应随之变小，由 $G\frac{Mm}{r^2}=mr\frac{4\pi^2}{T^2}$ 可得 $T=\sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$，则卫星离地球的高度应变小，要实现三颗卫星覆盖全球的目的，则卫星周期最小时，由数学几何关系可作出如图。



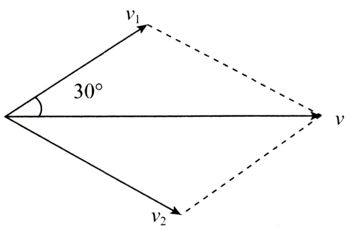
由几何关系得，卫星的轨道半径为 $r=\frac{R}{\sin 30^\circ}=2R$ ①

由开普勒第三定律 $\frac{r_1^3}{T_1^2}=\frac{r_2^3}{T_2^2}$，代入题中数据，得 $\frac{(6.6R)^3}{24^2}=\frac{r^3}{T_2^2}$ ②

由①②解得 $T_2\approx 4$ h。

9. **答案**：B

解析：由题设条件可知，卫星在转移轨道经过赤道上空时的速度 $v_1=1.55\times10^3$ m/s，同步卫星的环绕速度为 $v=3.1\times10^3$ m/s，设发动机给卫星的附加速度为 v_2，由平行四边形定则，三个速度之间关系如图所示，由余弦定理可得 $v_2=\sqrt{v^2+v_1^2-2vv_1\cos 30^\circ}\approx 1.9\times10^3$ m/s。



10. **答案**：C

解析："嫦娥一号"要想脱离地球的束缚而成为月球的卫星，其发射速度必须达到第二宇宙速度，若发射速度达到第三宇宙速度，"嫦娥一号"将脱离太阳系的束缚，故选项 A 错误；在绕月球运动时，月球对卫星的万有引力完全提供向心力，则 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{4\pi^2 r}{T^2}$，$T=2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$，卫星周期与卫星的质量无关，故选项 B 错误；卫星所受月球的引力 $F=G\frac{Mm}{r^2}$，故选项 C 正确；在绕月圆轨道上，卫星受地球的引力小于受月球的引力，故选项 D 错误。

11. **答案**：ACD

解析：由 $G\frac{Mm}{R^2}=mg$，得 $g=\frac{GM}{R^2}$，已知火星半径是地球半径的 $\frac{1}{2}$，质量是地球质量的 $\frac{1}{9}$，则火星表面的重力加速度是地球表面重力加速度的 $\frac{4}{9}$，即为 $\frac{4}{9}g$，选项 C 正确；设火星质量为 M'，半径为 R'，由万有引力等于重力可得：$G\frac{M'm}{R'^2}=mg'$，解得：$M'=\frac{gR^2}{9G}$，密度为：$\rho=\frac{M'}{V}=\frac{2g}{3\pi GR}$，选项 A 正确；由 $G\frac{Mm}{R^2}=m\frac{v^2}{R}$，得 $v=\sqrt{\frac{GM}{R}}$，火星的第一宇宙速度是地球第一宇宙速度的 $\frac{\sqrt{2}}{3}$，选项 B 错误；王跃以 v_0 在地球上起跳时，根据竖直上抛的运动规律得出跳起的最大高度是：$h=\frac{v_0^2}{2g}$，由于火星表面的重力加速度是 $\frac{4}{9}g$，王跃以相同的初速度在火星上起跳时，可跳的最大高度 $h'=\frac{9}{4}h$，故 D 正确。

12. **答案**：AD

解析：飞船绕 X 星球做匀速圆周运动，万有引力提供向心力，由牛顿第二定律知 $G\frac{Mm}{r_1^2}=m\frac{4\pi^2 r_1}{T_1^2}$，则 X 星球质量 $M=\frac{4\pi^2 r_1^3}{GT_1^2}$，选项 A 正确。由 $G\frac{Mm}{r_1^2}=m\frac{4\pi^2 r_1}{T_1^2}=ma_1$，知 r_1 轨道处的向心加速度 $a_1=\frac{4\pi^2 r_1}{T_1^2}=\frac{GM}{r_1^2}$，而对绕 X 星球表面飞行的飞船有 $G\frac{Mm}{R^2}=mg_X$

(R 为 X 星球的半径)，则 $g_X=G\frac{M}{R^2}>a_1=\frac{GM}{r_1^2}=\frac{4\pi^2}{T_1^2}r_1$，选项 B 错误。由 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$ 知 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$，故 $\frac{v_1}{v_2}=\sqrt{\frac{r_2}{r_1}}$，选项 C 错误。

根据 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{4\pi^2 r}{T^2}$ 得 $T=\sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$，故 $\frac{T_2}{T_1}=\sqrt{\frac{r_2^3}{r_1^3}}$，即 $T_2=T_1\sqrt{\frac{r_2^3}{r_1^3}}$，选项 D 正确。

13. **答案**：AC

解析：设杆对 A、B 的弹力大小均为 F，则对 A、B 分别根据万有引力定律和牛顿第二定律有，$G\frac{Mm}{r_1^2}-F-G\frac{m^2}{(r_2-r_1)^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}r_1$，$G\frac{Mm}{r_2^2}+F+G\frac{m^2}{(r_2-r_1)^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}r_2$，由以上两式得 $T=2\pi r_1 r_2\sqrt{\frac{r_1+r_2}{GM(r_1^2+r_2^2)}}$，所以选项 A 正确，B 错误；若 B 在杆断裂后做离心运动，则杆断裂前，杆对 B 有靠近中心天体的拉力作用，杆对 A 有背离中心天体的拉力作用，所以若杆突然断裂，A 将做向心运动，即选项 C 正确，D 错误。

14. **答案**：BD

解析：探测器从 A 向 B 运动，所受的万有引力合力先向左再向右，则探测器的速度先减小后增大，故 A 错误；当探测器合力为零时，加速度为零，则有：$G\frac{mm_A}{r_A^2}=G\frac{mm_B}{r_B^2}$，因为 $m_A:m_B=1:9$，则 $r_A:r_B=1:3$，知探测器距离星球 A 的距离为 $x=\frac{L}{4}$，故 B 正确；探测器到达星球 B 的过程中，由于 B 的质量大于 A 的质量，从 A 到 B 万有引力的总功为正功，则动能增加，所以探测器到达星球 B 的速度一定大于发射时的初速度，故 C 错误，D 正确。

15. **答案**：D

解析：根据万有引力公式，因为不知道升降机的质量，所以不能求出升降机所受的万有引力，故 A 错误；根据地球表面宇航员的体重 $G_宇=800$ N 和地球表面重力加速度 $g=10\ \mathrm{m/s^2}$，可知宇航员的质量为 $m=\frac{G}{g}=80$ kg。由于升降机不一定做匀加速直线运动，不能由运动学公式 $v^2=2ah$ 求出此时宇航员的速度 v，则就不能求得宇航员的动能，故 B 错误；根据牛顿第二定律：$N-mg'=ma$，求出重力加速度 g'，再根据万有引力等于重力：$G\frac{Mm}{(R+h)^2}=mg'$，可求出高度 h，故 C 错误；根据万有引力提供向心力：$G\frac{Mm}{(R+h)^2}=m(R+h)\cdot\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$，$GM=gR^2$，可求出同步卫星离地面的高度，高度等于绳的最小长度，故 D 正确。

16. **答案**：B

解析：卫星绕地球做匀速圆周运动，万有引力提供向心力，则有：$G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$，得 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$，第一宇宙速度是近地卫星的环绕速度，是绕地球运行的最大速度，故"悟空"在轨道上运行的速度小于地球的第一宇宙速度，故 A 错误；"悟空"的角速度 $\omega=\frac{\beta}{t}$，环绕周期为 $T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi t}{\beta}$，故 B 正确；由 $G\frac{Mm}{r^2}=ma$ 得，加速度为 $a=\frac{GM}{r^2}$，则知"悟空"的向心加速度大于地球同步卫星的向心加速度，故 C 错误；"悟空"绕地球做匀速圆周运动，只能求出地球的质量，不能求出"悟空"的质量，故 D 错误。

17. **答案**：B

解析：根据 $\frac{GMm_同}{(R+h)^2}=m_同(R+h)\frac{4\pi^2}{T_同^2}$，$\frac{GMm_月}{r^2}=m_月 r\frac{4\pi^2}{T_月^2}$，结合已知数据，解得地球同步卫星距地面的高度 $h\approx3.6\times10^7$ m，再根据电磁波的反射及直线传播得：$2h=ct$，得 $t\approx0.24$ s，故选项 B 正确，选项 A、C、D 错误。

18. **答案**：D

解析：随天体自转的物体，在天体表面的赤道上对天体表面的压力恰好为零时，$\frac{GMm}{R^2}=mR(\frac{2\pi}{T})^2$，$T$ 为天体自转的周期，天体的密度 $\rho=\frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$，由以上两式求得 $T=\sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$，故选 D。

19. **答案**：B

解析：根据万有引力提供向心力，得 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$，得 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$，又因为在月球表面物体受到的重力等于万有引力，有 $G\frac{Mm'}{R^2}=m'g$，得 $GM=gR^2$，

所以"嫦娥四号"绕月运行的速度为 $v=\sqrt{\frac{gR^2}{r}}$，故 A 错误。

月球的第一宇宙速度为近月卫星的运行速度，所以由重力提供向心力，得 $mg=m\frac{v^2}{R}$，得 $v=\sqrt{gR}$，故 B 正确。

“嫦娥四号”要脱离月球的束缚才能返回地球，而嫦娥四号要脱离月球束缚必须加速做离心运动才行，故 C 错误。

根据万有引力提供向心力 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}r$，得月球的质量 $M=\frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$，所以月球的密度 $\rho=\frac{M}{V}=\frac{\frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}}{\frac{4}{3}\pi R^3}=\frac{3\pi r^3}{GT^2 R^3}$，故 D 错误。

20. **答案**：BD

解析：假设没有月球的吸引力，当探测器的初动能为 W 时，探测器刚好到达月球，当探测器的动能 $E_k<W$ 时，因为有月球的吸引力，探测器也可能到达月球。地球的质量大于月球质量，探测器从地球到月球要克服地球引力做功 W，在这个过程中月球对探测器做的功一定小于 $\frac{W}{2}$，所以当 $E_k=\frac{W}{2}$ 时，探测器一定不能到达月球。

21. **答案**：D

解析：设玉兔在 h 高度的速度为 v，则由 $G\frac{Mm}{(R+h)^2}=\frac{mv^2}{R+h}$ 可知，玉兔在该轨道上的动能为：$E_k=\frac{1}{2}\cdot\frac{GMm}{R+h}$，由能的转化和守恒定律可知对玉兔做的功为：$W=E_k+E_p=\frac{1}{2}\cdot\frac{GMm}{R+h}+\frac{GMmh}{R(R+h)}$，结合在月球表面：$G\frac{Mm}{R^2}=mg_{月}$，整理可知正确选项为 D。

22. **答案**：BC

解析：飞船在轨道Ⅰ上运动至 P 点时必须点火加速才能进入轨道Ⅱ，因此飞船在轨道Ⅰ上运动时的机械能小于在轨道Ⅱ上运动时的机械能，A 错误；由行星运动规律可知 B 正确；由公式 $a=G\frac{M}{r^2}$ 可知，飞船在轨道Ⅲ上运动到 P 点时的加速度等于飞船在轨道Ⅱ上运动到 P 点时的加速度，C 正确；由公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$ 可知，因地球质量和火星质量不同，所以飞船绕火星在轨道Ⅰ上运动的周期跟飞船返回地球的过程中绕地球以与轨道Ⅰ同样的轨道半径运动的周期不相同，D 错误。

23. **答案**：C

解析：由于天体 A、B 绕天体 C 运动的轨道都是圆轨道，根据 $a=\omega^2 r$，$v=\omega r$ 可知选项 A、B 错误；天体 A 做圆周运动的向心力是由天体 B 和 C 对其引力的合力提供的，所以选项 C 正确，D 错误。

24. **答案**：C

解析：天体密度 $\rho=\frac{M}{V}=\frac{3M}{4\pi R^3}$，$\rho\propto\frac{M}{R^3}$，$\frac{\rho_{地}}{\rho_{月}}=\frac{81}{64}$，故 A 错；万有引力近似等于重力，即 $G\frac{Mm}{R^2}=mg$，$g\propto\frac{M}{R^2}$，$\frac{g_{地}}{g_{月}}=\frac{81}{16}$，故 B 错；万有引力提供向心力 $G\frac{Mm}{R^2}=m(\frac{2\pi}{T})^2R=m\frac{v^2}{R}$，$T=\sqrt{\frac{4\pi^2R^3}{GM}}$，$T\propto\sqrt{\frac{R^3}{M}}$，$\frac{T_{地}}{T_{月}}=\frac{8}{9}$，C 对；$v=\sqrt{\frac{GM}{R}}$，$v\propto\sqrt{\frac{M}{R}}$，$\frac{v_{地}}{v_{月}}=\frac{9}{2}$，D 错。

25. **答案**：D

解析：近地卫星绕地球做圆周运动时，所受万有引力充当向心力，即：$G\frac{Mm}{R^2}=m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2R$①，由密度、质量和体积关系有 $M=\rho\cdot\frac{4}{3}\pi R^3$②，由①②两式得：$\rho_{地}=\frac{3\pi}{GT^2}\approx5.60\times10^3\ \mathrm{kg/m^3}$。由已知条件可知该行星密度是地球密度的 $\frac{25}{4.7}$ 倍，即 $\rho=5.60\times10^3\times\frac{25}{4.7}\ \mathrm{kg/m^3}\approx2.9\times10^4\ \mathrm{kg/m^3}$，D 正确。

26. **答案**：BC

解析：由题意知，中轨道卫星的轨道半径小于同步卫星的轨道半径（42 400 千米），所以，其线速度大于同步卫星的线速度，选项 B 正确；中轨道卫星的周期 $T_1=6$ h，其经过地面某点的正上方的一天后，仍在该点正上方，选项 C 正确；选项 D 中，中轨道卫星需经过 $t=\left(\frac{T_1}{2}+nT_1\right)$，$T_1=6$ h，$n=0,1,2,3,\cdots$ 同步卫星需经过 $t'=\left(\frac{T_2}{2}+nT_2\right)$，$T_2=24$ h，$n=0,1,2,3,\cdots$ 二者再次在同一直线上，显然 $t'\neq t$，选项 D 错误。

27. **答案**：ABD

解析：激光经时间 t 的路程为 $2s$，有 $2s=ct$，选项 A 正确；月球绕地球转动，则月球球心到地心的距离为 $\frac{vT}{2\pi}$，$s=\frac{vT}{2\pi}-R-r$，选项 B 正确，C 错误；在式中 g' 应为月球所在处的重力加速度；地球对月球的万有引力提供其绕地转动的向心力，有 $\frac{GMm}{(s+R+r)^2}=m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2(s+R+r)$，又 $\frac{GM}{R^2}=g_{地}$，得 $s=\sqrt[3]{\frac{g_{地}R^2T^2}{4\pi^2}}-R-r$，选项 D 正确。

28. **答案**:D

解析:地球同步卫星的运动周期与地球自转周期相同,角速度相同,即 $\omega_1=\omega_3$,根据关系式 $v=\omega r$ 和 $a=\omega^2 r$ 可知,$v_1<v_3$,$a_1<a_3$;人造卫星和地球同步卫星都围绕地球转动,它们受到的地球的引力提供向心力,即$G\frac{Mm}{r^2}=m\omega^2 r=\frac{mv^2}{r}=ma$ 可得 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$、$a=G\frac{M}{r^2}$、$\omega=\sqrt{\frac{GM}{r^3}}$,可见,轨道半径大的线速度、向心加速度和角速度均小,即 $v_2>v_3$、$a_2>a_3$、$\omega_2>\omega_3$;绕地球表面附近做圆周运动的人造卫星的线速度就是第一宇宙速度,即 $v_2=v$,其向心加速度等于重力加速度,即 $a_2=g$;所以 $v=v_2>v_3>v_1$,$g=a_2>a_3>a_1$,$\omega_2>\omega_3=\omega_1$,又因为 $F=ma$,所以 $F_2>F_3>F_1$。由以上分析可见,选项 A、B、C 错误,D 正确。

29. **答案**:BC

解析:由于 C 和 A 周期相同,即角速度相同,由 $v=\omega r$ 知,$v_C>v_A$,A 错,B 对。卫星 B 和 C 的加速度都是由万有引力提供的,由牛顿第二定律可得$\frac{GMm}{r^2}=ma$,故 $a_B=a_C$,C 对,D 错。

30. **答案**:A

解析:A 行星发生最大偏离时,A、B 行星与恒星在同一直线上且位于恒星同一侧,设行星 B 的运行周期为 T、半径为 R,则有$\left(\frac{2\pi}{T_0}-\frac{2\pi}{T}\right)=2\pi$,所以 $T=\frac{t_0T_0}{t_0-T_0}$。由开普勒第三定律得$\frac{R_0^3}{T_0^2}=\frac{R^3}{T^2}$,解得 $R=R_0\sqrt[3]{\frac{t_0^2}{(t_0-T_0)^2}}$,所以选项 A 正确。

31. **答案**:BD

解析:设每隔时间 T,a、b 相距最近,则$(\omega_a-\omega_b)T=2\pi$,所以 $T=\frac{2\pi}{\omega_a-\omega_b}=\frac{2\pi}{\frac{2\pi}{T_a}-\frac{2\pi}{T_b}}=\frac{T_aT_b}{T_b-T_a}$

故 b 运动一周的过程中,a,b 相距最近的次数为:$n=\frac{T_b}{T}=\frac{T_b-T_a}{T_a}=\frac{kT_a-T_a}{T_a}=k-1$

即 a、b 距离最近的次数为 $k-1$ 次,故 A 错误,B 正确;

设每隔时间 t,a、b 共线一次,则$(\omega_a-\omega_b)t=\pi$,所以 $t=\frac{\pi}{\omega_a-\omega_b}=\frac{\pi}{\frac{2\pi}{T_a}-\frac{2\pi}{T_b}}=\frac{T_aT_b}{2(T_b-T_a)}$;

故 b 运动一周的过程中,a、b、c 共线的次数为:$n=\frac{T_b}{t}=\frac{2(T_b-T_a)}{T_a}=\frac{2kT_a-2T_a}{T_a}=2k-2$。

故 a、b、c 共线的次数为 $2k-2$,故 C 错误,D 正确。

32. **答案**:ABD

解析:卫星从北纬 30°的正上方,第一次运行至南纬 60°正上方时,刚好为运动周期的$\frac{1}{4}$,所以卫星运行的周期为 $4t$,A 项正确;知道周期、地球的半径,由$\frac{GMm}{(R+h)^2}=m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2(R+h)$,可以算出卫星距地面的高度,B 项正确;通过上面的公式可以看出,只能算出中心天体的质量,C 项错误,D 项正确。

33. **答案**:C

解析:"天宫一号"飞行器的向心力由地球的万有引力提供,其高度与地球的自转快慢无关,故 A 错误;地球自转变快,则地球自转的周期变小,在地面上赤道处的物体随地球自转所需的向心力会增大,而向心力等于地球对物体的万有引力减去地面对物体的支持力,万有引力的大小不变,所以地面对物体的支持力必然减小,地面对物体的支持力大小等于物体受到的"重力",所以物体的重力会变小,故 B 错误;对地球同步卫星而言,卫星的运行周期等于地球的自转周期,地球的自转周期 T 变小了,由开普勒第三定律$\frac{R^3}{T^2}=k$ 可知,卫星的轨道半径 R 要减小,即卫星的高度要调低些,故 C 正确;地球的第一宇宙速度 $v=\sqrt{gR}$,R 是地球的半径,可知 v 与地球自转的速度无关,故 D 错误。

34. **答案**:AD

解析:由万有引力充当向心力 $G\frac{Mm}{(R+h)^2}=\frac{mv^2}{R+h}$得$\frac{1}{2}mv^2=G\frac{Mm}{2(R+h)}$,所以 $E_{k1}=G\frac{Mm}{2(R+h)}$、$E_{k2}=G\frac{Mm}{2(R+2h)}$,选项 A 正确;取无穷远处重力势能为零,则卫星在某一轨道上的重力势能为 $E_P=-G\frac{Mm}{R+h}$,所以在离地面高 h 处机械能为 $E_{K1}+E_{P1}=-G\frac{Mm}{2(R+h)}$,在离地面高 $2h$ 处机械能为 $E_{K2}+E_{P2}=-G\frac{Mm}{2(R+2h)}$,选项 D 正确。

专题六　机械能及其守恒定律

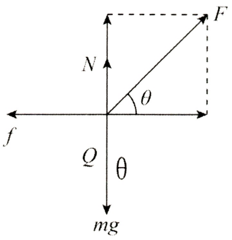
［过关演练］

1. 答案：B

解析：设队员对足球做功为 W，全过程由动能定理得 $W-mgh=\frac{1}{2}mv^2-0$，故 $W=mgh+\frac{1}{2}mv^2$，选项 B 正确。

2. 答案：AC

解析：由于木箱的速度保持不变，因此木箱始终处于平衡状态，受力分析如图所示，则由平衡条件得：$mg=N+F\sin\theta$，$f=\mu N=F\cos\theta$ 两式联立解得 $F=\frac{\mu mg}{\cos\theta+\mu\sin\theta}=\frac{\mu mg}{\sqrt{1+\mu^2}\sin(\theta+\alpha)}$，可见 F 有最小值，所以 F 先减小后增大，A 正确，B 错误；F 的功率 $P=Fv\cos\theta=\frac{\mu mgv\cos\theta}{\cos\theta+\mu\sin\theta}=\frac{\mu mgv}{1+\mu\tan\theta}$，可见在 θ 从 0 逐渐增大到 90°的过程中 $\tan\theta$ 逐渐增大，则功率 P 逐渐减小，C 正确，D 错误。



3. 答案：C

解析：设斜面的倾角为 θ，滑动摩擦力大小为 $F_f=\mu mg\cos\theta$，则物体克服摩擦力所做的功为 $W=\mu mgs\cos\theta$，而 $s\cos\theta=CD$，所以物体沿斜面 AC 和 BC 下滑克服摩擦力做功相等，物体下滑过程由动能定理得 $mgh-\mu mgs\cos\theta=E_k-0$，在 AC 斜面上滑动时重力做功多，故在 AC 面上滑到底端的动能大于在 BC 面上滑到底端的动能，即 $E_{kA}>E_{kB}$，故选项 C 正确，A、B、D 错误。

4. 答案：A

解析：在 AB 段，最高点由牛顿第二定律得：$mg-F=\frac{mv^2}{R}$，滑块受到的支持力 $F=mg-\frac{mv^2}{R}$，由此可得，速度 v 越大，滑块受支持力 F 越小，摩擦力 $f=\mu F$ 就越小；在 BC 段，最低点由牛顿第二定律得：$F-mg=\frac{mv^2}{R}$，滑块受到的支持力 $F=mg+\frac{mv^2}{R}$，由此可得速度 v 越大，滑块受支持力越大，摩擦力 $f=\mu F$ 就越大；由题意知，从 A 运动到 C 相比从 C 运动到 A，在 AB 段速度较大，在 BC 段速度较小，所以从 A 运动到 C 过程受到的平均摩擦力小，用时短，故 A 正确。

5. 答案：AC

解析：根据 $F-t$ 图象面积意义和动量定理有 $mv_1=F_0t_0$，$mv_2=F_0t_0+2F_0t_0$，则 $v_2=3v_1$；应用位移公式知 $x_1=\frac{v_1}{2}t_0$、$x_2=\frac{v_1+v_2}{2}t_0+\frac{v_1}{2}t_0$，则 $x_2=5x_1$，B 错，A 对；在第一个 t_0 内对物体应用动能定理有 $W_1=\frac{mv_1^2}{2}$、在第二个 t_0 内对物体应用动能定理有 $W_2=\frac{mv_2^2}{2}-\frac{mv_1^2}{2}$，则 $W_2=8W_1$，D 错，C 对。

6. 答案：A

解析：设小球抛出瞬间的速度大小为 v_0，抛出后，某时刻 t 小球的速度 $v=v_0-gt$，故小球的动能 $E_k=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}m(v_0-gt)^2$，结合数学知识知，选项 A 正确。

7. 答案：ABC

解析：本题考查的是功和能的关系，意在考查考生对功能关系的理解。重力做功决定重力势能的变化，随着高度的降低，重力一直做正功，重力势能一直减小，故 A 正确；弹性势能的变化取决于弹力做功，当蹦极绳张紧后，随着运动员的下落，弹力一直做负功，弹性势能一直增大，故 B 正确；在蹦极过程中，由于只有重力和蹦极绳的弹力做功，所以运动员、地球及蹦极绳组成的系统机械能守恒，故 C 正确；重力势能的大小与势能零点的选取有关，而势能的改变与势能零点的选取无关，故 D 错误。

8. 答案：B

解析：在 14～18 s 时间段：$a=\frac{\Delta v}{t}=1.5\ m/s^2$，则 $F_f=ma=1.5$ N，A 不符合题意；在 0～2 s 内小车做匀加速运动，由 $P=Fv$ 可知，小车的功率逐渐增大，B 符合题意；在 10～14 s 小车做匀速直线运动，牵引力 $F=F_f$，$P=Fv=1.5\times6$ W$=9$ W，C 不符合题意；0～2 s内：$x_1=3$ m，2～10 s 内根据动能定理：$Pt-F_fx_2=\frac{1}{2}mv_2^2-\frac{1}{2}mv_1^2$，得 $x_2=39$ m，则 $x=x_1+x_2=42$ m，D 不符合题意。

9. 答案：D

解析：滑块在斜面上的重力势能 $E_p=mgh$，所以 E_p-h 图象为一条过原点的直线，故选项 A 错误。由功能关系 $W_{其他}=\Delta E$ 可知滑块克服滑动摩擦力做的功等于滑块机械能的减小量，由于滑动摩擦力大小不变，所以 $E-h$ 图线为直线，故选项 B 错误。由动能定理可知，滑块所受合力做的功等于滑块动能的增量，上行时合力大于下行时合力，且合力为恒力，由 $\Delta E_k=F_{合}\cdot h$ 可知 E_k-h 图线为直线，上行时直线斜率大于下行时直线斜率，故选项 C 错误，D 正确。

10. **答案**:ABD

解析:根据功能关系,阻力对运动员做的功等于运动员机械能的减少量,则有 $E=E_0-F_f x$。图线为曲线时阻力是变力,图线为直线时阻力是恒力,可见 $0\sim x_1$ 过程中运动员加速下降,阻力不断增大,选项 A、D 正确;$x_1\sim x_2$ 过程中运动员匀速下降,选项 B 正确,C 错误。

11. **答案**:BC

解析:由于到达 C 点时对地面压力为$\frac{Mg}{2}$,故 $Mg-\frac{Mg}{2}=M\frac{v_C^2}{R}$,所以该同学到达 C 点时的速度为 10 m/s,B 正确;人和滑板从 A 点运动到 C 点的过程中,根据动能定理有:$W-Mgh=\frac{1}{2}Mv_C^2$,W=3 750 J,所以该同学在 AB 段所做的功为 3 750 J,C 正确。

12. **答案**:BD

解析:光滑斜面,系统机械能守恒,若把斜面 CB 部分截去,物体从 A 点运动到 C 点后做斜上抛运动,到达最高点时有水平方向的分速度,则物体上升不到 h 高度。而变成曲面 AEB 及从 C 点以上部分弯成与 C 点相切的半径较大的圆弧状,物体到达最高点速度都为零,物体可达到 h 高度,而沿弯成的圆弧形 AD,物体做圆周运动,到达最高点需有个最小速度,故选项 B、D 正确。

13. **答案**:BD

解析:设 $f=kR$,则由牛顿第二定律得 $F_{合}=mg-f=ma$,而 $m=\frac{4}{3}\pi R^3\cdot\rho$,故 $a=g-\frac{k}{\frac{4}{3}\rho\pi R^2}$,由 $m_甲>m_乙$、$\rho_甲=\rho_乙$ 可知 $a_甲>a_乙$,故 C 错误;因甲、乙位移相同,由 $v^2=2ax$ 可知,$v_甲>v_乙$,B 正确;由 $x=\frac{1}{2}at^2$ 可知,$t_甲<t_乙$,A 错误;由功的定义可知,$W_{克服}=f\cdot x$,又 $f_甲>f_乙$,则 $W_{甲克服}>W_{乙克服}$,D 正确。

14. **答案**:B

解析:在车厢相互撞击使弹簧压缩的过程中,由于要克服摩擦力做功,且缓冲器所受合外力做功不为零,因此机械能不守恒,A 项错误;克服摩擦力做功消耗机械能,B 项正确;撞击以后垫板和车厢有相同的速度,因此动能并不为零,C 项错误;压缩弹簧过程弹簧的弹性势能增加,并没有减小,D 项错误。

15. **答案**:B

解析:由题意知,重力势能最小的点在最低点,结合同绳同力,在最低点(重力势能最小)时,根据受力分析和平衡条件,可知两侧绳子与水平方向的夹角相等,记为 θ,设右边绳子长度为 a,则左边绳子长度为 $b=20\ \text{m}-a$,由几何关系有 $\cos\theta=\frac{4}{5}$,$a\sin\theta-(20\ \text{m}-a)\sin\theta=2\ \text{m}$,联立解得 $a=\frac{35}{3}\ \text{m}$,所以最低点与参考平面的高度差为$\frac{35}{3}\ \text{m}\times\sin\theta=7\ \text{m}$,猴子的重心比最低点大约低 $\Delta h=0.5\ \text{m}$,所以猴子在滑行过程中重力势能的最小值约为 $E_p=-mg(7\ \text{m}+\Delta h)=-7.5\times10^2$ J,则选项 B 正确。

16. **答案**:C

解析:物体在粗糙水平面上滑动时,$Q=\mu mgs$,$E=E_0-\mu mgs$,可见,当 s 较小时,$Q-s$ 图象是一条经过原点的倾斜直线,$E-s$ 图象是一条与纵轴相交、斜率为负值的倾斜直线,斜率的大小 $k=-\mu mg$;当滑上斜面后,$Q=\mu mgs_0+\mu mg\cos\theta(s-s_0)=\mu mgs_0(1-\cos\theta)+\mu mg\cos\theta\cdot s$,$E=E_0-\mu mgs_0(1-\cos\theta)-\mu mg\cos\theta\cdot s$,可见,当 s 较大,滑上斜面时,$Q-s$ 图象仍是一条倾斜直线,但斜率变小,$E-s$ 图象也是一条倾斜直线,斜率的大小变为 $k=-\mu mg\cos\theta$;综上分析,只有选项 C 正确。

17. **答案**:BD

解析:在曲线上任取一点,作切线,设切线与水平方向成的锐角为 θ,则切向力为:$mg\sin\theta=ma_t$,可以看出来甲的切向加速度一直减小,乙切向加速度一直增大,在 B 点就有甲的切向加速度小于乙,当然这样地方还有很多,A 错;当甲、乙下降相同的高度 h 时,由动能定理得:$mgh=\frac{1}{2}mv^2$,即:$v=\sqrt{2gh}$,B 对;画切向速度函数图象如下

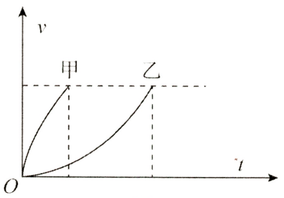


图1

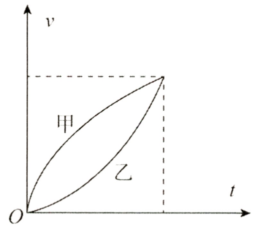


图2

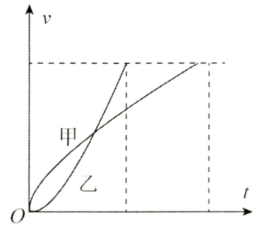


图3

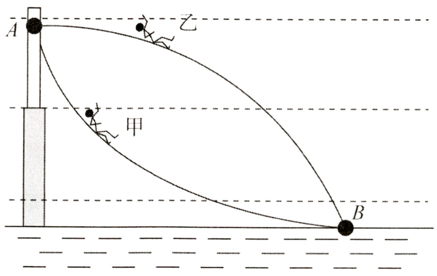


图4

分析过程：经分析甲、乙开始一段时间切向加速度甲比乙大，切向速度存在上面3种可能，图1合理，假设图2成立，从0到末时刻有 $s_{甲}>s_{乙}$，末时刻速度大小相同，表示下降同一高度，然后用水平线去截甲、乙轨迹，如图4有 $s_{甲}<s_{乙}$ 与上面相矛盾，故假设不成立，同理图3也不成立只有图1成立，即D对，C错。

18. **答案**：A

解析：在物块 B 与弹簧相互作用过程中，由于弹簧弹力是变力且随弹簧压缩量的增大而增大，物块 B 的速度逐渐减小、物块 A 的速度逐渐增大，且速度图象斜率（表示加速度）逐渐增大，图①②均不能表示速度 v 随时间 t 的变化规律。在两物块相互作用过程中，机械能守恒，当弹簧压缩至最短两物块速度相等时，弹性势能最大，两物块动能之和最小，图③错误，图④正确。弹力 F 随弹簧压缩量 x 逐渐增大，而压缩量 x 随时间 t 非均匀变化，图⑤正确，图⑥错误。

19. **答案**：BD

解析：从重物开始加速上升到轻绳断开的过程中拉力做的功为 Fh，等于重物重力势能的增量与动能的增量的和，选项A错误；轻绳断开瞬间重物重力的瞬时功率为 $P=-mgv$，由动能定理得 $(F-mg)h=\frac{1}{2}mv^2$，则 $P=-\sqrt{2(F-mg)mg^2h}$，选项B正确；在重物上升过程中拉力做正功，重物机械能不守恒，选项C错误；选地面为参考平面，重物从开始加速上升到轻绳断开的过程中拉力做的功为 Fh，轻绳断开时，重物的机械能为 Fh，此后只有重力对重物做功，重物机械能守恒，故重物落地前瞬间的动能为 Fh，选项D正确。

20. **答案**：D

解析：对 P 由动能定理得 $FL-mgL+W_{弹}=\frac{1}{2}mv^2$ 所以 $W_{弹}=mgL-FL+\frac{1}{2}mv^2$，故D正确。

21. **答案**：C

解析：以运动员为研究对象，运动员先在重力的作用下做自由落体运动，开伞后受到阻力作用做加速度逐渐减小的减速运动，最后做匀速运动，此时阻力等于重力，合力为零，C正确，D错误；运动过程中重力势能随下落的高度 h 均匀减小，而机械能 E 在自由落体阶段不变，然后再逐渐减小，A、B错误。

22. **答案**：C

解析：由图象可以看出斜面上滑行时 $a_a>a_b$，选项A错误；根据图象与时间轴所围的面积可知在水平面滑行时，$x_a>x_b$，选项B错误；在斜面上运动，受力分析有 $mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta=ma$ 解得：$\mu=\frac{g\sin\theta-a}{g\cos\theta}$，因 $a_a>a_b$，所以 $\mu_a<\mu_b$，选项C正确；在水平面由动能定理可得：$mgh-W_f=0$，解得 $W_f=mgh$，选项D错误。

23. **答案**：BCD

解析：在上升的过程中重力势能的变化量由重力做功来量度，由功能关系可得：$E_p=-W_G=mgh(0\leqslant h\leqslant H)$，B选项正确；动能的变化量由合外力做功来量度，在上升的过程中：$\Delta E_k=-mg\Delta h-f\Delta h$，由于在上升过程中小球的速率在逐渐减小，空气的阻力在逐渐减小，动能的变化率在逐渐减小，对应的 E_k-h 图象斜率减小；在下落的过程中小球的速率在逐渐增加，空气的阻力在逐渐增加，动能的变化率在逐渐增加，对应的 E_k-h 图象斜率增加，A选项错误，C选项正确；在上升的过程中由牛顿第二运动定律可知：$(mg+f)=ma$，$a=g+\frac{f}{m}$，随空气阻力的减小，加速度在减小，$v-t$ 图象越来越平缓，到最高点速度减小为零；在下降的过程中由牛顿第二定律可得：$mg-f=ma$，$a=g-\frac{f}{m}$，随空气阻力的增加，加速度在减小，$v-t$ 图象越来越平缓，到最低点具有一定的速度且小于 v_0，D选项正确。

24. **答案**：CD

解析：设小球沿轨道 AB 滑至 B 点时的速度大小为 v，由机械能守恒定律：$mgR=\frac{mv^2}{2}$，解出滑至 B 点时的速度大小 $v=\sqrt{2gR}$。

因此在 B 点时，向心力 $F_{向}=\frac{mv^2}{R}=2mg$，即小球受的支持力为 mg，所以小球将从圆柱体表面脱离并做平抛运动，由平抛运动的规律知：$R=\frac{1}{2}gt^2$，$OC=vt=2R$，所以 C、D 正确，A、B 错误。

25. **答案**：C

解析：设小球运动到 c 点的速度大小为 v_c，则对小球由 a 到 c 的过程，由动能定理有 $F\cdot 3R-mgR=\frac{1}{2}mv_c^2$，又 $F=mg$，解得 $v_c=2\sqrt{gR}$，小球离开 c 点后，在水平方向做初速度为零的匀加速直线运动，竖直方向在重力作用下做匀减速直线运动，由牛顿第二定律可知，小球离开 c 点后水平方向和竖直方向的加速度大小均为 g，则由竖直方向的运动可知，小球从离开 c 点到其轨迹最高点所需的时间为 $t=\frac{v_c}{g}=2\sqrt{\frac{R}{g}}$，在水平方向的位移大小为 $x=\frac{1}{2}gt^2=2R$。由以上分析可知，小球从 a 点开始运动到其轨迹最高点的过程中，水平方向的位移大小为 $5R$，则小球机械能的增加量为 $\Delta E=F\cdot 5R=5mgR$，C 正确，A、B、D 错误。

26. **答案**：C

解析：本题考查运动学公式和机械能守恒定律及功率的概念，意在考查考生对运动学规律和机械能、功率概念的熟练程度，对小球 a，$\frac{h}{2}=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$，对小球 b，$\frac{h}{2}=\frac{1}{2}gt^2$，所以 $h=v_0t$，对 a 又有 $\frac{h}{2}=\frac{1}{2}(v_0+v)t$，可知 a 刚好和 b 相遇时速度 $v=0$。所以它们不会同时落地，相遇时的速度大小也不相等，A、B 错误。根据机械能守恒定律，从开始到相遇，a 球克服重力做功和 b 球的重力做的功大小相等，C 正确。相遇后的每一时刻，它们速度都不相等，所以重力的瞬时速率 $P=mgv$ 不会相等，D 错误。

27. **答案**：BC

解析：上游水库的有效库容为 V，能用于发电的水的最大重力势能 $E_p=\rho Vg(H-\frac{d}{2})$，故 A 错，B 对。电站的总效率 $\eta=\frac{1.8\times10^8}{2.4\times10^8}\times100\%=75\%$，故 C 正确。电站平均每天发电供给一个城市居民用电的时间 $t=\frac{1.8\times10^8}{365\times10^5}$ h≈5 h，故 D 错。

28. **答案**：BD

解析：物块下落过程中，软绳对物块做负功，物块的机械能逐渐减小，故 A 错误。物块未释放时，软绳的重心离斜面顶端的高度为 $h_1=\frac{l}{2}\sin 30°=\frac{l}{4}$，软绳刚好全部离开斜面时，软绳的重心离斜面顶端的高度 $h_2=\frac{l}{2}$，则软绳重力势能共减少 $mg\left(\frac{l}{2}-\frac{l}{4}\right)=\frac{l}{4}mg$，故 B 正确。根据功能关系可知，软绳克服摩擦力所做的功等于以软绳和物块组成的系统机械能的减小量，即有：软绳克服摩擦力所做的功与物块重力势能的减少量之和等于软绳与物块动能的增加量、软绳的重力势能增加量之和，故 C 错误。细线的拉力对软绳做正功，对物块做负功，则物块的机械能减小，软绳的机械能增加，而软绳的动能与克服摩擦力产生的内能增加，软绳的重力势能减小，能量中的减少量一定小于能量中的增加量，故软绳重力势能的减少量小于其动能的增加量与克服摩擦力所做功的和，故 D 正确。

29. **答案**：A

解析：QM 段绳的质量为 $m'=\frac{2}{3}m$，未拉起时，QM 段绳的重心在 QM 中点处，与 M 点距离为 $\frac{1}{3}l$，绳的下端 Q 拉到 M 点时，QM 段绳的重心与 M 点距离为 $\frac{1}{6}l$，此过程重力做功 $W_G=-m'g\left(\frac{1}{3}l-\frac{1}{6}l\right)=-\frac{1}{9}mgl$，对绳的下端 Q 拉到 M 点的过程，应用动能定理，可知外力做功 $W=-W_G=\frac{1}{9}mgl$，可知 A 项正确，B、C、D 项错误。

30. **答案**：AB

解析：在 A 的动能达到最大前，A 向下加速运动，此时 A 处于失重状态，则整个系统对地面的压力小于 $3mg$，即地面对 B 的支持力小于 $\frac{3}{2}mg$，A 项正确；当 A 的动能最大时，A 的加速度为零，这时系统既不失重，也不超重，系统对地面的压力等于 $3mg$，即 B 受到地面的支持力等于 $\frac{3}{2}mg$，B 项正确；当弹簧的弹性势能最大时，A 减速运动到最低点，此时 A 的加速度方向竖直向上，C 项错误；由机械能守恒定律可知，弹簧的弹性势能最大值等于 A 的重力势能的减少量，即为 $mg(L\cos 30°-L\cos 60°)=\frac{\sqrt{3}-1}{2}mgL$，D 项错误。

31. **答案**：AC

解析：由题图乙可知，滑块在 0.4 s 末刚好到达 B 点，在 0～0.4 s 内，滑块做匀加速直线运动，加速度为 $a=\frac{2}{0.4}$ m/s² $=5$ m/s²，由

牛顿第二定律得 $mg\sin\theta=ma$，解得 $\sin\theta=\frac{a}{g}=0.5$，则 $\theta=\frac{\pi}{6}$，选项A正确；滑块从 B 点到 C 点的运动过程中，除重力做功外，弹簧弹力对滑块做负功，故滑块的机械能一直在减少，选项B错误；对滑块和弹簧组成的系统由机械能守恒定律可得，在 C 点，弹簧的弹性势能为 $E_p=\frac{1}{2}mv_B^2+mgh_{BC}=16$ J，选项C正确；滑块从 C 点返回到 A 点的过程中，开始时弹簧的弹力对滑块做正功，滑块的机械能增加，当滑块离开弹簧后，只有重力对滑块做功，则滑块的机械能守恒，选项D错误。

32. **答案**：AC

解析：根据 $P_{额}=Fv_{max}$，得：$F=\frac{P}{v_{max}}=\frac{1\,440}{25}$ N=57.6 N，故A正确；以额定功率启动时：$\frac{P}{v}-F_f=ma$，而刚启动时 $v=0$，则 $F_f=0$，故刚启动时加速度无穷大，B错误；由公式 $W=Pt$ 和能量守恒得：1 440W×1 h=30×6 W×t，得：$t=8$ h，即保持最大速度行驶1 h至少需要有效光照8 h，故C正确；由题意知，汽车行驶时受到的阻力与其速度成正比，设 $F_f=kv$，则结合前面分析：57.6 N=k×25 m/s得：$k=2.304$ N·S/m，当直接用太阳能电池板提供的功率行驶获得最大速度时：牵引力=阻力，即：$\frac{180\text{W}}{v}=kv$ 得：$v\approx8.84$ m/s，故D错误。

33. **答案**：C

解析：第一阶段为滑动摩擦力做功，第二阶段为静摩擦力做功，两个阶段摩擦力方向都跟物体运动方向相同，所以摩擦力都做正功，选项A错误；由功能关系可知，第一阶段摩擦力对物体做的功(除重力之外的力所做的功)等于物体机械能的增加，即 $\Delta E=W_{阻}=F_{阻}\ s_{物}$，摩擦生热为 $Q=F_{阻}\ s_{相对}$，又由于 $s_{传送带}=vt$，$s_{物}=\frac{v}{2}t$，所以 $s_{物}=s_{相对}=\frac{1}{2}s_{传送带}$，即 $Q=\Delta E$，选项C正确，B错误。第二阶段没有摩擦生热，但物体的机械能继续增加，结合选项C可以判断选项D错误。

34. **答案**：D

解析：以电梯和平衡重物作为整体来分析，整体的动能转化为电梯中人的势能 $(M+m)gh-Mgh=\frac{1}{2}(2M+m)v^2$ 则 $h=\frac{(2M+m)v^2}{2mg}$。

35. **答案**：D

解析：设滑块 A 的速度为 v_A，因绳不可伸长，两滑块沿绳方向的分速度大小相等，得：$v_A\cos30°=v_B\cos60°$，又 $v_B=v$，设绳长为 l，由 A、B 组成的系统机械能守恒得：$mgl\cos60°=\frac{1}{2}mv_A^2+\frac{1}{2}mv^2$，以上两式联立可得：$l=\frac{4v^2}{3g}$，故选D。

专题七　电场

[过关演练]

1. **答案**：B

解析：将单刀双掷开关接2时，电容器因充电而使两极板间的电势差增大，从而使电容器内部场强增大，则带电粒子的运动时间变短而打在 N 点左侧，故A错；由于二极管的单向导电性而使电容器所带电荷量不变，则 $E=\frac{U}{d}=\frac{Q}{dC}=\frac{Q}{d\frac{S}{4k\pi d}}=\frac{4k\pi Q}{S}$，即电场强度是不变的，将 B 板下移一段距离会使粒子运动的初始位置距 B 板的距离变大，故粒子运动的时间变长，从而使粒子打在 N 点的右侧，故B对；而将 A 板上移一段距离对带电粒子运动时间没有任何影响，粒子仍将打在 N 点，故D错；在 A 板下表面插入一很薄的金属板相当于改变了两板间的距离，粒子仍将打在 N 点，故C错。

2. **答案**：A

解析：由题意，电荷经过 a、b 两点时速度大小均为 v_0，所以电场力做功为零，电荷在 a、b 两点的电势能相等，a、b 两点的电势也相等，显然形成电场的电荷为点电荷。由于电场是矢量，所以A错误，B、C、D正确。

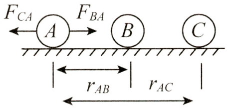
3. **答案**：BC

解析：小球滑动过程中有重力和电场力做功，因此机械能不守恒，A错；小球下滑到最低点的过程中，重力和电场力都做正功，小球动能增大，过最低点时速度最大，B对；由动能定理得 $(qE+mg)R=\frac{1}{2}mv^2$，轨道支持力为 F_N，则 $F_N-(qE+mg)=m\frac{v^2}{R}$，解得C对，D错。

4. **答案**：A

解析：要使每个小球都处于平衡状态，必须使其他两个小球对它的库仑力大小相等、方向相反。对中间小球 B 必须满足 $F_{AB}=$

F_{CB}，故由库仑定律知 Q_A 和 Q_B 必须为异种电荷。再以 A 球（C 球也可以）为研究对象知 $F_{CA}=F_{BA}$（如图所示），即 $\frac{kQ_AQ_C}{r_{AC}^2}=\frac{kQ_AQ_B}{r_{AB}^2}$。由于 $r_{AC}=r_{AB}+r_{BC}>r_{AB}$，因此可知 $Q_B<Q_C$，同理 $Q_B<Q_A$（Q_A、Q_B、Q_C 分别表示电荷量大小），再由相互间库仑力大小相等得 $\frac{kQ_AQ_C}{r_{AC}^2}=\frac{kQ_BQ_A}{r_{AB}^2}=\frac{kQ_BQ_C}{r_{BC}^2}$，又有 $r_{AC}=r_{AB}+r_{BC}$，由上式解得 $\sqrt{Q_AQ_C}=\sqrt{Q_AQ_B}+\sqrt{Q_BQ_C}$。此式为三球平衡时所带电荷量大小关系，由此可知选项 A 正确。



5. **答案**：BCD

解析：本题考查电场力与电荷量、场强的关系，电场力做功与动能的关系。若小球 P 的带电荷量缓慢减小，则小球运动到某位置时受到的电场力减小，小球从平衡位置运动到最大位移过程中克服电场力做的功少了，故能够到达更远处，振幅增大，A 项错误；此种情况，小球从最大位移向平衡位置运动的过程中，由于电场力做的功减小，所以到达平衡位置的动能减小，速度减小，B 项正确；点电荷 M、N 的带电荷量同时等量地缓慢增大，小球在某位置受到的电场力逐渐增大，回复加速度增大，故周期减小，此种情况小球从平衡位置到最大位移过程中因电场力增大，故能到达的最大位移减小，振幅减小，C、D 项均正确。

6. **答案**：A

解析：将电场反向瞬间至弹簧恢复原长的过程中，对小球由牛顿第二定律得 $kx+qE=ma$，即 $a=\frac{k}{m}x+\frac{qE}{m}$，$a$ 与 x 成线性关系；弹簧恢复原长之后的过程中，小球水平方向仅受电场力作用，对小球由牛顿第二定律得 $qE=ma$，选项 A 正确。

7. **答案**：A

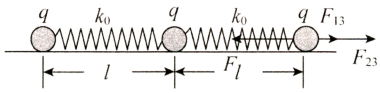
解析：根据等量异种电荷的电场分布可知：e、b 两点处电场强度大小相等，电势相等。a、f 两点处电场强度大小相等，a 点电势高于 f 点电势。故电荷在 e、b 两点电势能相等，在 a、f 两点电势能不等，选项 A 正确。

8. **答案**：C

解析：由等量异种点电荷的电场线的特点可知靠近电荷处电场强度大，类比公式 $U=Ed$ 知 $|U_{ab}|>|U_{bc}|$，而 $W=qU$，所以 $|W_{ab}|>|W_{bc}|$，故 A、B 均错误；从粒子的运动轨迹可知该粒子从 a 点到 c 点受到大体向左的作用力，左侧为正电荷，从左向右电势降低，D 错误；粒子由 a 点到 b 点，电场力做负功，电势能增加，动能减少，C 正确。

9. **答案**：C

解析：第三个小球受三个力的作用，它们的关系是 $k_0x=k\frac{q^2}{l^2}+k\frac{q^2}{(2l)^2}$，得 $x=\frac{5kq^2}{4k_0l^2}$；$l_0=l-x=l-\frac{5kq^2}{4k_0l^2}$。

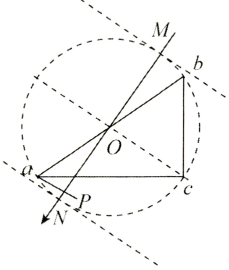


10. **答案**：B

解析：根据对称性和矢量叠加可知，D 项 O 点的场强为零，C 项等效为第二象限内电荷在 O 点产生的电场，大小与 A 项的相等，B 项正、负电荷在 O 点产生的场强大小相等，方向互相垂直，合场强是其中一个的 $\sqrt{2}$ 倍，即 A、C 项场强的 $\sqrt{2}$ 倍，因此 B 项正确。

11. **答案**：D

解析：每个板的电荷密度 $\sigma=\frac{Q}{S}$，每个板单独在极板间产生的电场强度 $E_0=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}=\frac{Q}{2\varepsilon_0S}$，极板间的电场为两个极板单独产生的电场的矢量和，则 $E=2E_0=\frac{Q}{\varepsilon_0S}$，每个极板受到的静电力 $F=QE_0=\frac{Q^2}{2\varepsilon_0S}$，选项 D 正确。



12. **答案**：B

解析：如图所示，根据匀强电场的电场线与等势面是平行等间距排列，且电场线与等势面处处垂直，沿着电场线方向电势均匀降落，取 ab 的中点 O，即为三角形的外接圆的圆心，且该点电势为 2 V，故 Oc 为等势面，MN 为电场线，方向为 MN 方向，$U_{OP}=U_{Oa}=\sqrt{3}$ V，$U_{ON}:U_{OP}=2:\sqrt{3}$，故 $U_{ON}=2$ V，N 点电势为零，为最小电势点，同理 M 点电势为 4 V，为最大电势点。

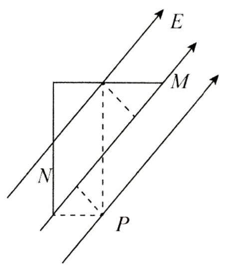
13. **答案**：B

解析：本题考查电场力和能的性质，意在考查考生的分析推理能力，圆环上均匀分布着正电荷，可以将圆环等效为很多正点电荷的组成，同一条直径的两端点的点电荷的合场强类似于两个等量同种点电荷的合场强，故圆环的中心的合场强一定为零。x 轴

上的合场强，在圆环的右侧的合场强沿 x 轴向右，左侧的合场强沿 x 轴向左，电场强度都呈现先增大后减小的特征，由沿场强方向电势降低可知，O 点的电势最高，综上知选项 B 正确。

14. **答案**：D

解析：将立体图画成平面图，如图所示，可见 P 点沿电场线方向在 MN 的四等分线上，故 P 点的电势为 $\frac{3}{4}$ V，D 正确。



15. **答案**：C

解析：从Ⅰ到位置Ⅱ过程中，$+q$ 沿着电场线运动，$-q$ 逆着电场线运动，电场力对两电荷都做正功，$W_1 \neq 0$；由位置Ⅱ到位置Ⅲ过程中，电场力对 $+q$ 做正功，电场力对 $-q$ 做等大的负功，因此电场力对两小球所做的总功为零，$W_2=0$。答案是 C。

16. **答案**：A

解析：壳内场强处处为零，试探电荷在壳内运动时动能不变，排除选项 C、D；假设试探电荷在匀强电场中由静止开始运动，由动能定理可得，$Fr=E_k$，则 $F=\frac{E_k}{r}$，E_k 图象的斜率数值上等于电场力的大小，距离球壳越远试探电荷所受电场力越小，图象的斜率越小，正确选项为 A。

17. **答案**：AC

解析：设点电荷的电荷量为 Q，根据点电荷电场强度公式 $E=k\frac{Q}{r^2}$，$r_a:r_b=1:2$，$r_c:r_d=3:6$，可知，$E_a:E_b=4:1$，$E_c:E_d=4:1$，选项 A 正确，B 错误；将一带正电的试探电荷由 a 点移动到 b 点做的功 $W_{ab}=q(\varphi_a-\varphi_b)=3q(\mathrm{J})$，试探电荷由 b 点移动到 c 点做的功 $W_{bc}=q(\varphi_b-\varphi_c)=q(\mathrm{J})$，试探电荷由 c 点移动到 d 点做功 $W_{cd}=q(\varphi_c-\varphi_d)=q(\mathrm{J})$，由此可知，$W_{ab}:W_{cd}=3:1$，$W_{bc}:W_{cd}=1:1$，选项 C 正确，D 错误。

18. **答案**：BC

解析：本题考查电容器的两个公式。a 板与 Q 板电势恒定为零，b 板和 P 板电势总相同，故两个电容器的电压相等，且两板电荷量 q 视为不变。要使悬线的偏角增大，即电压 U 增大，即减小电容器的电容 C。对电容器 C，由公式 $C=\frac{q}{U}=\frac{\varepsilon S}{4\pi kd}$，可以通过增大板间距 d、减小介电常数 ε、减小板的正对面积 S。

19. **答案**：B

解析：当 $R_1=0$ 时，对于 A 项而言 $E<0$，此时带电圆环演变为带电圆面，中心轴线上一点的电场强度 $E>0$，故 A 项错误；当 $x=0$ 时，此时要求的场强为 O 点的场强，由对称性可知 $E_O=0$，对于 C 项而言，$x=0$ 时 E 为一定值，故 C 项错误；当 $x\to\infty$ 时 $E\to 0$，而 D 项中 $E\to 4\pi k\sigma$ 故 D 项错误；所以正确选项只能为 B。

20. **答案**：C

解析：由于微滴带负电，电场方向向下，因此微滴受到的电场力方向向上，微滴向正极板偏转，A 项错误；偏转过程中电场力做正功，根据电场力做功与电势能变化的关系，电势能减小，B 项错误；微滴在垂直于电场方向做匀速直线运动，位移 $x=vt$，沿电场反方向做初速度为零的匀加速直线运动，位移 $y=\frac{1}{2}\frac{qU}{dm}t^2=\frac{1}{2}\frac{qU}{dm}\left(\frac{x}{v}\right)^2$，此为抛物线方程，C 项正确；从式中可以看出，运动轨迹与带电荷量 q 有关，D 项错误。

21. **答案**：C

解析：电场为 E_1 时滑块的加速度为 a_1，电场为 E_2 时滑块的加速度为 a_2，两段相同时间 t 内滑块运动的位移大小相等，方向相反，第一个 t 内的位移 $s_1=\frac{1}{2}a_1t^2$，第二个 t 内的位移 $s_2=v_1t-\frac{1}{2}a_2t^2=a_1t\cdot t-\frac{1}{2}a_2t^2=a_1t^2-\frac{1}{2}a_2t^2$，由 $s_1=-s_2$ 得：$a_2=3a_1$，即：$E_2=3E_1$，所以 $I_1=E_1qt$，$I_2=E_2qt$，则 $I_2=3I_1$，故 A、B 错误；$W_1=E_1qs$，$W_2=E_2qs$，而 $W_1+W_2=E_k$，所以 $W_1=0.25E_k$，$W_2=0.75E_k$，故 C 对，D 错。

22. **答案**:B

解析:小球由静止释放到最低点的过程中受到电场力和重力两个力,其合力的方向是由 P_1 指向最低点,因此小球做匀加速直线运动,水平分量是 $v_x=\sqrt{2a_xs_x}=\sqrt{\frac{2lEq}{m}}=\sqrt{2gl}$。在到达 P_2 的过程中,由动能定理有 $Eql-mgl=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mv_x^2$,即 $v=v_x=\sqrt{2gl}$。

23. **答案**:D

解析:由题图可知,右侧金属板与电源正极相连接,带正电,左侧金属板带负电,根据静电感应规律,乒乓球的左侧感应出正电荷,A 项错误;乒乓球被扰动后,如果向右摆动会被吸到右板上,B 项错误;乒乓球共受到悬线的拉力、重力和电场力三个力的作用,C 项错误;用绝缘棒将乒乓球拨到与右极板接触,乒乓球会带上正电,受到右板的排斥,向左运动,并与左极板接触,又带上负电,被左极板排斥,向右运动,这样乒乓球就在两极板间来回碰撞,D 项正确。

24. **答案**:A

解析:由于电压是常数,所以电场强度也是常数,带电粒子受到的电场力也是常数,根据牛顿第二定律,带电粒子的加速度也是常数,因此只能在选项 A、B 中选择,选项 C、D 错误;带电粒子匀加速运动 $\frac{T}{2}$ 后,电压反向,电场力也反向,该粒子做匀减速直线运动 $\frac{T}{2}$;由于加、减速时间相同,该粒子的速度在一个周期内恰好减为零,没有反向运动的机会;下一周期又开始匀加速,所以选项 A 正确,选项 B 错误。

25. **答案**:B

解析:本题考查示波管的原理,意在考查考生对示波管工作原理的掌握。在 $0\sim2t_1$ 时间内,扫描电压扫描一次,信号电压完成一个周期,当 U_y 为正的最大值时,电子打在荧光屏上有正的最大位移,当 U_y 为负的最大值时,电子打在荧光屏上有负的最大位移,因此一个周期内荧光屏上的图象为 B。

26. **答案**:BD

解析:根据点电荷产生的电场可知,1、2 间的电场强度比 2、3 间的电场强度小,因为 $R_a-R_b=R_b-R_c$,所以 $|W_{12}|<|W_{23}|$,故选项 D 正确;因为 $p=\sqrt{2mE_k}$,所以 $|I_{12}|<|I_{23}|$,故选项 B 正确。

27. **答案**:ACD

解析:将平行板电容器的下极板竖直向下移动一小段距离时,两极板的正对面积 S 不变,间距 d 变大,根据关系式 $C=\frac{\varepsilon_r S}{4\pi kd}$ 可知,电容 C 减小,选项 A 正确;因为静电计指针的变化表征了电容器两极板电势差的变化,题中电容器两极板间的电势差 U 不变,所以静电计指针张角不变,选项 B 错误;U 不变,极板间距 d 变大时,板间电场强度 $E=\frac{U}{d}$ 减小,带电油滴在 P 点的电势 $\varphi=Ed_1$ 增大,其中 d_1 为油滴到下极板的距离,又因为油滴带负电,所以其电势能将减少,选项 C 正确;若先将上极板与电源正极的导线断开,再将下极板向下移动一小段距离,则电容器带电荷量 Q 不变,极板间距 d 变大,根据 $Q=CU$,$E=\frac{U}{d}$ 和 $C=\frac{\varepsilon_r S}{4\pi kd}$ 可知 $E\propto\frac{Q}{S}$,可见,极板间电场强度 E 不变,所以带电油滴所受电场力不变,选项 D 正确。

28. **答案**:AC

解析:极板间电压为 U,间距为 d,是匀强电场,故电场强度 $E=\frac{U}{d}$,故 A 正确;油滴受重力和电场力,处于平衡状态,故 $mg=q\frac{U}{d}$,解得 $q=\frac{mgd}{U}$,故 B 错误;减小极板间电压,电场强度减小,电场力小于重力,合力向下,故油滴将加速下落,故 C 正确;将极板 N 向下缓慢移动一小段距离,板间距增加,电场强度减小,电场力减小,电场力小于重力,合力向下,故油滴将加速下落,故 D 错误。

29. **答案**:D

解析:由题意知,过 C 点的切面是圆周上离 P 最远的等势面,半径 OC 与等势面垂直,E 的方向为由 O 指向 C,OC 与 CP 间的夹角为 $\theta=30°$,$U_{PC}=E\times d_{PC}\cos 30°=E\times\sqrt{3}R\times\frac{\sqrt{3}}{2}=\frac{3ER}{2}$。

30. **答案**:AD

解析:A、B 两个带电小球所受电场力为零,故 OA 线竖直、B 球向右偏 45°处最后静止,则总重力势能增加了 $mg(L-L\cos 45°)=\frac{2-\sqrt{2}}{2}mgL$,故 A 项正确,总电势能减少了 $\frac{\sqrt{2}}{2}mgL$,故 D 项正确。

31. **答案**:A

解析:电子在 A、B 板间的电场中加速运动,在 B、C 板间的电场中减速运动,设 A、B 板间的电压为 U,B、C 板间的电场强度为 E,M、P 两点间的距离为 d,则有 $eU-eEd=0$,若将 C 板向右平移到 P' 点,B、C 两板所带电荷量不变,由 $E=\frac{U}{d}=\frac{Q}{C_0d}=\frac{4\pi kQ}{\varepsilon S}$ 可知,C 板向右平移到 P' 时,B、C 两板间的电场强度不变,由此可以判断,电子在 A、B 板间加速运动后,在 B、C 板间减速运动,到达 P 点时速度为零,然后返回,A 项正确,B、C、D 项错误。

32. **答案**:ABD

解析:如果小球的电场力向上,且和重力大小相等,则小球只受细线的拉力作用,小球做匀速率圆周运动,A 正确;只要重力和电场力没有平衡掉,其合力为定值,合力在小球运动的切线方向会有分力,即小球做变速率圆周运动,B 正确;当重力和电场力的合力向上时,小球通过最低点时细线拉力最小,通过最高点时细线拉力最大,D 正确;当重力和电场力的合力向下时,小球通过最低点时细线拉力最大,通过最高点时细线拉力最小,C 错误。

33. **答案**:B

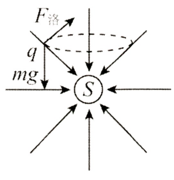
解析:对质点的运动进行分解,在水平方向上质点做匀速直线运动,又因质点在板间运动的水平位移与它从板的右端运动到光屏的水平位移相等,故质点在板间的运动时间等于它从板的右端运动到光屏的时间,D 错误;质点在板间运动过程中受到重力和电场力作用,故质点在板间运动时动能的增加量等于重力和电场力做的功之和,C 错误;在竖直方向上,因质点最后垂直打在 M 屏上,且质点在板间运动时在竖直方向上做初速度为 0 的匀加速运动,故质点从板的右端运动到光屏的过程中在竖直方向上做末速度为 0 的匀减速运动,又因做匀加速运动的时间与做匀减速运动的时间相等,故做匀加速运动的加速度大小与做匀减速运动的加速度大小相等,即 $qE-mg=mg$,得 $E=\frac{2mg}{q}$,B 正确,A 错误。

34. **答案**:AC

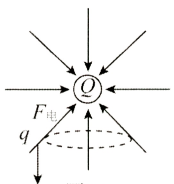
解析:小球在水平方向不受力作用,因此,在水平方向一直做匀速直线运动,A 正确;当 $E=\frac{mg}{q}$ 时,小球通过第一、二电场区时在竖直方向均做匀速直线运动,但竖直速度不同,故 B 错误;当 $E=\frac{2mg}{q}$ 时,小球通过第一、二无电场区时在竖直方向的初速度是相同的,均为零,故经过无电场区的时间也相同,C 正确;如取 $E=\frac{mg}{q}$,则小球通过无电场区的速度越来越大,对应的时间也越来越短,故 D 错误。

35. **答案**:ABC

解析:对于题图甲中,带电小球沿虚线做圆周运动,受到的洛伦兹力与磁感线垂直,带电小球能够做圆周运动,受力情况如图(a)所示,小球可能带正电,俯视做逆时针的圆周运动,小球也可能带负电,俯视做顺时针的圆周运动,选项 A、C 正确;对于题图乙,小球做圆周运动的受力情况如图(b)所示,小球只能带正电,选项 B 正确,选项 D 错误。



图(a)



图(b)

专题八　恒定电流

[过关演练]

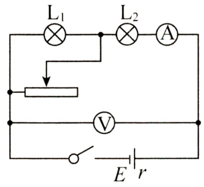
1. **答案**:B

解析:设铜导线的长度为 l,横截面积为 S,金属导线内的匀强电场场强为 E,则电子定向移动的加速度为 $a=\frac{eE}{m}$,经过时间 t 获得的定向移动速度为 $v=at=\frac{eEt}{m}$,在时间 t 内的平均速度为 $\bar{v}=\frac{1}{2}v=\frac{eEt}{2m}$,则由电流微观表达式 $I=neS\bar{v}=\frac{ne^2ES}{2m}t$,由欧姆定律和电阻定律可知 $\rho\frac{l}{S}=\frac{U}{I}=\frac{El}{I}$,联立解得 $t=\frac{2m}{n\rho e^2}$,B 正确。

2. **答案**:BC

解析:画出等效电路如图所示,触片向右滑动的过程中,变阻器接入电路的部分阻值变大,电路中的总电阻变大,路端电压变大,总

电流变小，故电流表 A 的读数变小，电压表 V 的读数变大，L_2 变暗，小灯泡 L_1 变亮，B、C 两项正确。



3. **答案**：BD

解析：小灯泡的灯丝是一个纯电阻，其灯丝温度会随着通电电流而增大，阻值也随着增大，所以图中 b 是小灯泡的伏安曲线；同理可知，热敏电阻的温度随着通电电流增大，其阻值会逐渐减小，图线 a 是热敏电阻的伏安曲线，选项 B 正确，A 错误；两图线的交点 M，表示此状态两元件不仅电流相同，电压也相同，所以此时两者阻值相同，功率也相同，选项 C 错误，D 正确。

4. **答案**：B

解析：从图中沿 x 到 y 长度方向的电势变化，可读出 x 和 y 两端的电压，再由串联电路中电压和电阻的关系，电阻和电阻率 ρ、长度 l、横截面积 S 的关系综合求解。由图象可知，导线 x、y 两端的电压为 $U_x=6$ V，$U_y=4$V，两导线串联时电流相同，则 $\frac{U_x}{U_y}=\frac{R_x}{R_y}$，而 $R_x=\rho\frac{L}{S_x}$，$R_y=\rho\frac{2L}{S_y}$，所以 $\frac{U_x}{U_y}=\frac{S_y}{2S_x}$，故 $\frac{S_x}{S_y}=\frac{U_y}{2U_x}=\frac{4}{2\times6}=\frac{1}{3}$，选项 B 正确。

5. **答案**：C

解析：通过电流表Ⓖ的电流为零时，P 点的电势与 R_0 和 R_x 连接点的电势相等。则 $\frac{R_0}{R_x}=\frac{R_{l1}}{R_{l2}}$。又电阻丝的电阻 $R\propto l$，故 $\frac{R_0}{R_x}=\frac{l_1}{l_2}$，所以 $R_x=\frac{l_2}{l_1}R_0$。选项 C 正确。

6. **答案**：BC

解析：因 $q=it$，由微元法再求和可知，图乙中的第①段(充电阶段)电流曲线与横轴所围图形的面积表示电容器充电结束时所带的电荷量，所以选项 B 正确；根据 $Q=CU$ 显然电荷与电压成正比，所以选项 C 正确。

7. **答案**：ACD

解析：$\frac{\Delta U_1}{\Delta I}=\frac{U_1}{I}=R_1$，由于 R_1 不变，故 $\frac{U_1}{I}$ 不变，$\frac{\Delta U_1}{\Delta I}$ 不变，同理，$\frac{U_2}{I}=R_2$，由于 R_2 变大，所以 $\frac{U_2}{I}$ 变大。但是 $\frac{\Delta U_2}{\Delta I}=\frac{\Delta(R_1+r)}{\Delta I}=R_1+r$，所以 $\frac{\Delta U_2}{\Delta I}$ 不变。

而 $\frac{U_3}{I}=R_2+R_1$，所以 $\frac{U_3}{I}$ 变大。由于 $\frac{\Delta U_3}{\Delta I}=\frac{\Delta Ir}{\Delta I}=r$，所以 $\frac{\Delta U_3}{\Delta I}$ 不变。

故选项 A、C、D 正确。

8. **答案**：A

解析：由闭合电路的欧姆定律，干路的电流强度 $I=\frac{E}{r+R_0+R_x}$. 电压表示数 $U=IR_0=\frac{ER_0}{r+R_0+R_x}$，而 $\frac{1}{R_x}=kc$(k 为比例系数)，由公式可得 $\frac{1}{U}=\frac{1}{ER_0}\frac{1}{c}+\frac{R_0+r}{ER_0}$，故 A 正确。

9. **答案**：D

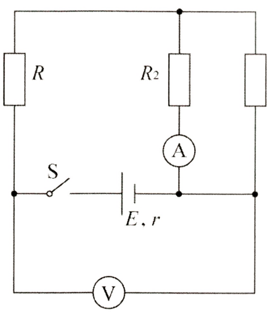
解析：根据题意和题图可知，在 $t_1\sim t_2$ 时间内电流是增大的，说明压力是增大的，根据牛顿第二定律和牛顿第三定律及匀加速直线运动定义判断，选项 A、B 错误；在 $t_2\sim t_3$ 时间内电流是不变的，比开始一段时间的电流大，就说明此时的压力是恒定的，根据牛顿第二定律和牛顿第三定律及匀加速直线运动定义判断，选项 C 错误，选项 D 正确。

10. **答案**：C

解析：由 $Q=\frac{U^2}{R}t$，可知只需比较两金属圆盘的电阻即可，图中圆盘相当于上下两个电阻并联，$R_{并}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$，由题意结合数学知识可得 $R_a>R_b$，所以 $Q_a<Q_b$，选项 C 正确。

11. **答案**：A

解析：P 下滑的过程中，设 P 上端电阻为 R_1 下端电阻为 R_2，滑动变阻器最大阻值 R_0。电路可以变形为



所以电阻函数：$U=E\left\{1-\dfrac{r}{R+r+\dfrac{R_1R_2}{R_1+R_2}}\right\}$

电流函数：$I=\dfrac{E}{\dfrac{(R+r)R_0}{R_1}+R_2}$

通过函数分析，利用基本不等式可知：当 $R_1=R_2$ 时，电压最大，之后减小；电流一直增大，故 A 项正确。

12. **答案**：C

解析：设电源的电动势和内阻分别为 E 和 r，电压表 V_2 和内阻为 R_2，根据闭合电路欧姆定律，对题图甲和题图乙分别有：$E=6\text{V}+4\text{V}+\dfrac{4}{R_{V2}}r$，$E=9\text{V}+\dfrac{9}{R_{V2}}r$，解得：$E=10.8$ V，故只有选项 C 正确。

13. **答案**：BCD

解析：充电时，通过 R 的电流逐渐减小，选项 A 错误；若 R 增大，充电的最大电流减小，充电时间变长，选项 B 正确；若 C 增大，电容器充满电后带的电荷量增多，则闪光灯闪光一次通过的电荷量增大，选项 C 正确；若 E 减小为 85 V，电容器充满电后电压仍然大于闪光灯导通需要的电压，所以闪光灯闪光一次通过的电荷量不变，选项 D 正确。

14. **答案**：CD

解析：电路消耗的电功率的计算公式 $P=UI$，$P=\dfrac{W}{t}$是普遍适用的，而 A、B 两选项只适用于纯电阻电路，而电视机、洗衣机、微波炉和排油烟机都不是纯电阻，所以选项 A、B 错误，正确选项为 C、D。

15. **答案**：C

解析：由图象判断电源 a 的内阻大，在纯电阻电路中电源效率 $\eta=\dfrac{R}{R+r}\times100\%$，内电阻越大效率越低；电源的输出功率 $P=UI$ 对应图线交点横纵坐标值的乘积，由图象得 C 与 A 的交点坐标值乘积较大，只有 C 正确。

16. **答案**：C

解析：只接通 S_1 时，由闭合电路欧姆定律得：$E=U+Ir=12\text{ V}+10\times0.05\text{ V}=12.5\text{ V}$，$R_{灯}=\dfrac{U}{I}=\dfrac{12}{10}\ \Omega=1.2\ \Omega$，再接通 S_2 后，流过电动机的电流为：$I_{电动机}=\dfrac{E-IR}{r}-I'=\dfrac{12.5-9.6}{0.05}\text{ A}-8\text{ A}=50\text{ A}$，故选项 C 正确。

17. **答案**：AC

解析：当 cd 端短路时，ab 间等效电阻 $R=R_1+\dfrac{R_2R_3}{R_2+R_3}=10\Omega+\dfrac{120\times40}{120+40}\Omega=40\Omega$，故 A 对；当 ab 端短路时，cd 间等效电阻 $R'=R_2+\dfrac{R_1R_3}{R_1+R_3}=120\Omega+\dfrac{10\times40}{10+40}\Omega=128\Omega$，B 错；当 ab 间接电源 $E=100\text{V}$ 时，cd 间电压为 R_3 上的电压，则 $U=\dfrac{40}{40+10}\times100\text{V}=80\text{V}$，故 C 对；当 cd 两端接电源时，ab 两端电压为 R_3 上的电压，则 $U'=\dfrac{40}{40+120}\times100\text{V}=25\text{V}$，故 D 错。

18. **答案**：A

解析：根据题给条件可知不能应用欧姆挡，因为使用欧姆挡时，被测元件必须与外电路断开，D 项不符合操作规程；然后再考虑电压表，将黑表笔接 b 端，如果指针偏转，说明 R_1 与电源间的导线断开，此时所测的数据应该是电源的电动势 6V，C 项不符合操作规程；如果指针不偏转，说明 R_1 与电源间的导线完好，然后再将黑表笔接 c 端，如果指针偏转，说明 R_1 与 R_2 间的导线断开，否则说明 R_2 与电源间的导线断开，电压值都不会超过 6V，A 项符合操作规程；再考虑电流表，将黑表笔接 b 端，如果指针偏转则说明 R_1 与电源间的导线断开，此时电流表的示数为 $I=\dfrac{E}{R_1+R_2}=\dfrac{6}{10+5}\text{A}=0.4\text{A}$，没有超过其量程 0.5A；如果指针不偏转，说明 R_1 与电

源间的导线完好，然后将黑表笔接 c 端，如果指针偏转，说明 R_1 与 R_2 间的导线断开，此时电流表的示数为 $I=\frac{E}{R_2}=\frac{6}{5}A=1.2A$，超过了电流表的量程，B 项不符合操作规程。

19. **答案**：C

解析：假设电热壶所在的 C、D 两点间发生了断路故障，则把试电笔插入插座的左插孔时，氖管不能发光，A 项错误；假设仅电热壶所在的 C、D 两点间发生了短路故障，则灯泡不会发光，B 项错误；仅导线 AB 间断路，则会出现该现象，C 项正确；插座用导线接地不会造成该现象，D 项错误。

20. **答案**：D

解析：电源内部消耗的功率为 $P_{内}=I^2r$，图线为 C_1，外电路消耗的功率为 $P_{外}=IE-I^2r=-r(I-\frac{E}{2r})^2+\frac{E^2}{4r}$，图线为 C_2，由函数表达式和图线得，当 $\frac{E}{2r}=2A$ 时，$\frac{E^2}{4r}=4W$，求得 $E=4V$，$r=1\Omega$，电源输出功率最大值为 $\frac{E^2}{4r}$，则电源输出功率最大值为 4W，当电源被短路时，电源消耗功率为 $P_{内}=\frac{E^2}{r}=16W$。

专题九　磁场

［过关演练］

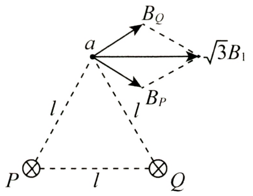
1. **答案**：ABD

解析：A 选项中，由安培定则知螺线管上端为 N 极，MN 中电流方向向右，由左手定则知 MN 垂直纸面向外运动，故 A 正确；B 选项中接法使螺线管上端为 S 极，MN 中电流由 N 到 M，由左手定则可判知 B 正确；同理可知 C 错误，D 正确。

2. **答案**：B

解析：金属框三边电阻相同，则 AC、ABC 两段导线上流过的电流分别为 $\frac{2}{3}I$ 和 $\frac{1}{3}I$，导线 ABC 段的有效长度为 $2l\sin 30°=l$，所以该正三角形通电导线受到的安培力大小为 $\frac{2}{3}IlB+\frac{1}{3}IlB=IlB$，故 B 正确。

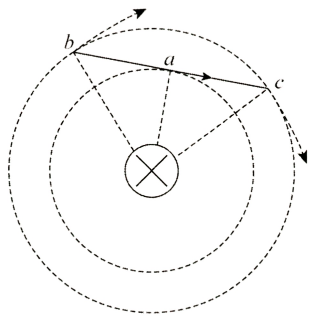
3. **答案**：C



解析：导线 P 和 Q 中电流 I 均向里时，设其在 a 点产生的磁感应强度大小 $B_P=B_Q=B_1$，如图所示，则其夹角为 60°，它们在 a 点的合磁场的磁感应强度平行于 PQ 向右、大小为 $\sqrt{3}B_1$。又根据题意 $B_a=0$，则 $B_0=\sqrt{3}B_1$，且 B_0 平行于 PQ 向左。若 P 中电流反向，则 B_P 反向、大小不变，B_Q 和 B_P 大小不变，夹角为 120°，合磁场的磁感应强度大小为 $B_1'=B_1$（方向垂直 PQ 向上、与 B_0 垂直），a 点合磁场的磁感应强度 $B=\sqrt{B_0^2+B_1'^2}=\frac{2\sqrt{3}}{3}B_0$，则 A、B、D 项均错误，C 项正确。

4. **答案**：A

解析：画出垂直于金属管线方向的截面圆，根据右手螺旋定则和所画图象知，磁场最强的点 a 即为地面距离管线最近的点，画出截面圆与垂直于 EF 的直线的两个交点位置 b、c，由题意可知 EF 过 a 点垂直于圆面，所以金属管线与 EF 平行，根据几何关系可得深度为 $\frac{L}{2}$，则选项 A 正确。



5. **答案**：ABC

解析：设水平向右为正方向，由安培定则，可知金属棒受到的安培力随时间变化的图象如图 1 所示，其中 $F_m=BI_mL$，选项 C 正确；由牛顿第二定律和速度与加速度之间的关系，可知金属棒的速度随时间变化的图象如图 2 所示，选项 B 正确；由解析图 2 可知金属棒的速度始终非负，选项 A 正确；一个周期内金属棒的速度变化为零，安培力对金属棒做功为零，选项 D 错误。

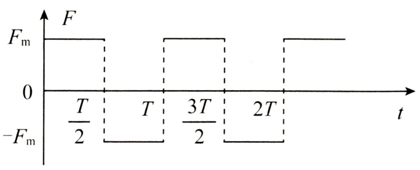


图 1

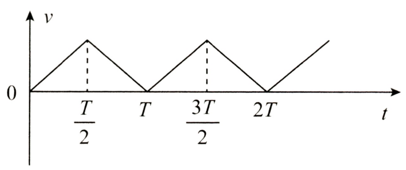


图 2

6. **答案**:AD

解析:如果将左、右转轴下侧的绝缘漆都刮掉,则线圈在安培力作用下转动起来,每转一周安培力驱动一次,可保证线圈不断地转动,A 项正确;如果左、右转轴上下侧的绝缘漆均刮掉,不能保证线圈持续转动下去,B 项错误;如果仅左转轴的上侧绝缘漆刮掉,右转轴的下侧绝缘漆刮掉,则线圈中不可能有电流,因此线圈不可能转动,C 项错误;如果左转轴上下侧的绝缘漆均刮掉,右转轴仅下侧的绝缘漆刮掉,效果与 A 项相同,因此 D 项正确。

7. **答案**:B

解析:由于当电流反向时,右边需要加砝码,可判定电流反向后,安培力方向向上,因此在题中图示电流时安培力方向向下,此时 $m_1g=m_2g+m_0g+NBIL$(m_0 为线圈质量),电流反向后 $m_1g=(m_2+m)g+m_0g-NBIL$。由以上两式可解得 $mg=2NBIL$,则 $B=\frac{mg}{2NIL}$,由左手定则可判定磁感应强度的方向为垂直于纸面向里。

8. **答案**:BD

解析:将导线分成小的电流元,任取一小段电流元为研究对象,把磁场分解成水平方向和竖直方向的两个分量,则竖直方向的分磁场产生的安培力为零,水平方向的分磁场产生的安培力为 $F=BIL=BI\cdot 2\pi R\sin\theta$,方向为竖直向上,所以 B、D 正确。

9. **答案**:BC

解析:在磁场中,由 $qvB=\frac{mv^2}{R}$,得 $\frac{q}{m}=\frac{v}{BR}$,选项 A 错误;在磁场中运动周期 $T=\frac{2\pi m}{qB}$ 与速率无关,选项 D 错误;在时间 t 内,粒子转过的圆弧对应的圆心角 $\theta=\frac{t}{T}\cdot 2\pi=\frac{qBt}{m}$,选项 B 正确;电流定义 $I=\frac{q}{T}=\frac{Bq^2}{2\pi m}$,与速率无关,选项 C 正确。

10. **答案**:D

解析:闭合开关后,通电螺线管在周围产生磁场,通电螺线管在通电直导线处产生的磁场方向水平,选项 A 错误;由于通电螺线管在通电直导线处产生的磁场方向水平,故安培力方向一定竖直向上或竖直向下,选项 B 错误;若力传感器的示数变大,说明通电直导线受到竖直向下的安培力作用,由左手定则可知,此处磁场方向水平向右,由安培定则可知,电源的左端为正极,选项 C 错误;若力传感器的示数变为导线重力的一半,说明导线受到的安培力方向竖直向上,且大小等于导线重力的一半,则有 $BIl=\frac{1}{2}G$,可得 $B=\frac{G}{2Il}$,选项 D 正确。

11. **答案**:C

解析:根据运动的相对性,带电小球相对于磁场的速度与磁场相对于小球(相对地面静止)的速度大小相等、方向相反。洛伦兹力 $F=qvB$ 中的 v 是相对于磁场的速度。根据力的平衡条件可以得出,当小球相对磁场以速度 $v=\frac{mg\tan\alpha}{qB}$ 竖直向下运动或以速度 $v=\frac{mg}{Bq}$ 水平向右运动时,带电小球都能处于平衡状态,但题目中要求悬线被拉紧,由此可知只有选项 C 正确。

12. **答案**:ACD

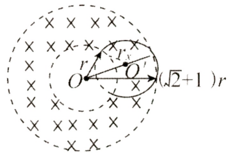
解析:根据题意可知,粒子进入磁场做匀速圆周运动的半径 $r=\frac{mv}{qB}=R$,选项 A 正确;由于粒子做圆周运动的半径和圆形有界磁场的半径相等,因此水平射入磁场的粒子,如果带正电,则从圆心 O 的正下方磁场边界射出,在磁场中做圆周运动的圆心在以 O 点正下方磁场边界上一点为圆心、半径为 R 的圆周上;如果带负电,则从 O 点正上方磁场边界上射出,在磁场中做圆周运动的圆心在以 O 点正上方磁场边界上一点为圆心、半径为 R 的圆周上,选项 C、D 正确;如果从 O 点正上方磁场边界射出,b 粒子在磁场中运动的时间比 a 粒子长,选项 B 错误。

13. **答案**:ABC

解析:由左手定则可判断出,正离子较多时,正离子受到的洛伦兹力使其向后表面偏转聚集而导致后表面电势较高,同理负离子较多时,负离子向前表面偏转聚集而导致前表面电势较低,故选项 A、B 均错;设前后表面的最高电压为 U,则 $\frac{qU}{b}=qvB$,所以 $U=vBb$,即 U 与离子浓度无关,选项 C 错误;因 $Q=vbc$,而 $U=vBb$,所以 $Q=\frac{Uc}{B}$,选项 D 正确。

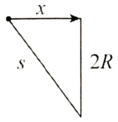
14. **答案**:A

解析:如图所示,带电粒子不从磁场中穿出,其临界条件是带电粒子在磁场中的运动轨迹与外圆相切,所以$\left[(\sqrt{2}+1)r-r_x\right]^2=r^2+r_x^2$,解得$r_x=r$,又由$r_x=\dfrac{mv}{qB}$可得$v=\dfrac{qBr}{m}$,选项A正确。



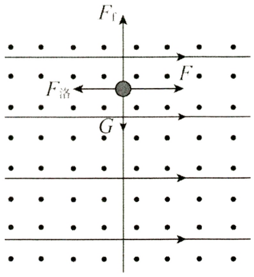
15. **答案**:B

解析:小球在磁场中的运动可以看做一个水平方向的圆周运动和一个竖直方向的匀加速运动。在磁场中运动一周的时间为T,则$T=\dfrac{2\pi m}{qB}$,在磁场中的运动总时间$t=\sqrt{\dfrac{8h}{g}}-\sqrt{\dfrac{2h}{g}}=\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$,又因为$\dfrac{5\pi m}{qB}=\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$,所以小球在磁场中做圆周运动的圈数,$n=\dfrac{t}{T}=2.5$,又因为圆周运动的半径$R=\dfrac{mv_0}{qB}$,投影图如图所示,则$x=v_0\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$,$s=\sqrt{x^2+(2R)^2}=v_0\sqrt{\dfrac{2h}{g}+\dfrac{4m^2}{q^2B^2}}$。



16. **答案**:C

解析:对带电小球进行受力分析如图所示,刚开始速度v比较小,$F_{洛}=qvB$比较小,$F>F_{洛}$,$G-F_f=ma$,即$ma=G-\mu(F-qvB)$,随着速度v的不断增大,a也不断增大。当$F=F_{洛}$时,a最大,为重力加速度g。再随着速度v的不断增大,$F<F_{洛}$即$ma=G-\mu(qvB-F)$,加速度a不断减小,当a减到零时,$G=F_f$,再往后做匀速运动。



17. **答案**:A

解析:血液中的正、负离子在磁场中受洛伦兹力作用,由左手定则可判断正离子向a板移动,负离子向b板移动,所以电极a正、b负;最终电场力与洛伦兹力平衡时电势差稳定,所以$q\dfrac{U}{d}=qvB$,所以$v=\dfrac{U}{Bd}$,代入数据得$v\approx1.3\ \text{m/s}$,A正确。

18. **答案**:BD

解析:矩形框架在向右运动过程中,两板的电势差$U=Bdv_1$,由右手定则,上板带正电,产生向下的电场,带电粒子要做匀速圆周运动,只有受到向上的电场力和向下的重力平衡,然后仅在洛伦兹力的作用下做匀速圆周运动,因此油滴带负电,且满足$mg=qBv_1$,根据左手定则可知油滴肯定沿顺时针做匀速圆周运动,A项错误,B项正确;带电粒子在磁场中运动的半径$r=\dfrac{mv_2}{qB}$,C项错误;油滴做圆周运动的周期由$T=\dfrac{2\pi m}{qB}$,联立得D项正确。

19. **答案**:C

解析:从小孔S进入磁场,说明粒子在电场中运动半径相同,在静电分析器中,$qE=\dfrac{mv^2}{r}$,无法判断出粒子的速度和动能是否相等,选项A、B错误;打到胶片上同一点的粒子,在磁场中运动半径相同,由$qvB=m\dfrac{v^2}{r}$,得$r'=\dfrac{mv}{qB}$,联立可得$r'=\dfrac{Er}{Bv}$,所以打到胶片上同一点的粒子速度相等,与比荷无关,选项C正确,选项D错误。

20. **答案**:AD

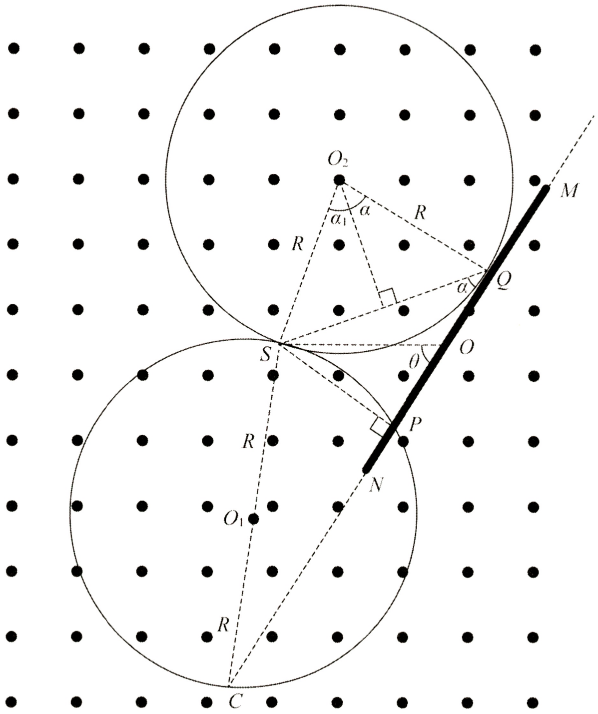
解析:如图所示,根据"用滚圆法求解磁场中粒子源射出粒子打在屏上范围"的模型,图中圆O_1、O_2均为半径为R的圆,圆O_1分别交MN及其延长线于P、C两点,SC为圆O_1的直径,圆O_2与MN相切于Q点,$\angle SQN=\alpha$。若屏的大小无限制,则电子应当打在图中C、Q之间,而由于MN长度的限制,电子只能打在N、Q之间。

据题意,$R=\dfrac{mv}{|e|B}=4.55\ \text{cm}$,可见$SO=NO=OM=O_2Q=R$,

由几何知识可得$2R\sin\alpha\sin\alpha=R\sin\theta$,则$\sin\alpha=\sqrt{\dfrac{1}{2}\sin\theta}$,

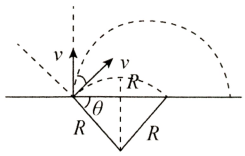
$l=NQ=NP+PQ=R(1-\cos\theta)+2R\sin\alpha\cos\alpha=(1-\cos\theta+\sqrt{2\sin\theta-\sin^2\theta})R$,

分别将$\theta=90°$、$60°$、$45°$、$30°$代入公式即可确定,A、D项正确,B、C项错误。



21. **答案**：C

解析：如图所示，能打到的范围中最远点为 $2R$ 处，其中 R 为轨迹半径，$R=\frac{mv}{qB}$；最近点为 $2R\cos\theta$ 处，所以总长度 $L=2R-2R\cos\theta=\frac{2mv(1-\cos\theta)}{qB}$。



22. **答案**：C

解析：粒子在复合场中沿直线运动，则 $qE=qv_0B$，当撤去磁场时，$L=\frac{1}{2}at^2$，$t=\frac{L}{v_0}$，$a=\frac{qE}{m}$。撤去电场时，$qv_0B=m\frac{v_0^2}{r}$，可以求出 $r=\frac{1}{2}L$。故粒子从 a 点射出，C 正确。

23. **答案**：D

解析：因为带电油滴原来处于静止状态，故应考虑带电油滴所受的重力。当仅撤去电场时，带电油滴在重力作用下开始加速，但由于受变化的磁场力作用，带电油滴不可能做匀加速直线运动，A 错；若仅撤去磁场，带电油滴仍处于静止，B 错；若给 P 的初速度方向平行于磁感线，因所受的磁场力为零，所以 P 可以做匀速直线运动，C 错；当 P 的初速度方向平行于纸面时，带电油滴在磁场力作用下做匀速圆周运动，D 对。

24. **答案**：A

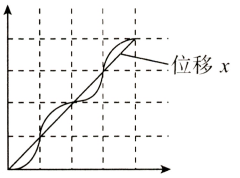
解析：A 项，磁场沿 x 轴正方向，则与粒子运动的速度 v 的方向平行，粒子不受洛伦兹力的作用，只受到竖直向下的重力和竖直向上的电场力作用，若重力和电场力大小不相等，则粒子所受合力方向与速度方向不在同一直线上，粒子将做曲线运动；若相等，粒子将做匀速直线运动，所以 A 选项错误；B 项，磁场竖直向上，根据左手定则，洛伦兹力沿 y 轴正方向，若电场力和重力大小相等，则洛伦兹力刚好能提供向心力，则粒子可能在 xOy 平面内做匀速圆周运动，所以 B 项正确；C 项，粒子受到竖直向下的电场力，竖直向上的洛伦兹力和竖直向下的重力，若重力和电场力的合力与洛伦兹力的大小相等，则粒子所受合力为零，粒子将做匀速直线运动，所以 C 项正确；D 项，粒子受到沿 y 轴负方向的电场力，沿 y 轴正方向的洛伦兹力和竖直向下的重力，若洛伦兹力与电场力的大小相等，则粒子的合力就是竖直方向的重力，粒子将做平抛运动，所以 D 项正确。

25. **答案**：A

解析：由题可知，带电粒子第二次穿过叠加场时洛伦兹力小于电场力，二力方向相反，所以沿电场方向偏移的距离比第一次仅受电场力时偏移的距离小，且洛伦兹力不做功，故 $W_1>W_2$，A 正确。

26. **答案**:C

解析:带电粒子在磁场中的运动半径为 $r=\frac{mv_0}{Bq}=0.01\ m$,周期为 $T=\frac{2\pi m}{Bq}=0.02\ s$,作出粒子的轨迹示意图如图所示,所以在磁场变化 N 个(N 为整数)周期的时间内,由平均速度的定义式 $\bar{v}=\frac{x}{t}=\frac{N\cdot 2\sqrt{2}r}{NT_0}=\frac{2\sqrt{2}\times 0.01}{0.01}\ m/s=2\sqrt{2}\ m/s$,即 C 选项正确。



27. **答案**:D

解析:由于洛伦兹力不做功,电场力对带电小球一定做负功,所以两小球某次到达轨道最低点时的速度不可能有 $v_N=v_M$,选项 A 错误;由机械能守恒知小球 b 可以到达轨道的最右端,电场力对小球 a 做负功,故小球 a 不能到达轨道的最右端,选项 B 错误;由于两个小球受力情况不同,运动情况不同,故小球 b 第一次到达 N 点的时刻与小球 a 第一次到达 M 点的时刻不相同,选项 C 错误;由于小球能到达最低点,对小球 a 有 $mgR-qER\geqslant 0$,所以有 $mg\geqslant qE$,由于洛伦兹力不做功,且洛伦兹力沿半径向外,则小球 b 受到的洛伦兹力没有条件限制,选项 D 正确。

28. **答案**:BD

解析:带负电液滴受洛伦兹力方向向里,使得后金属板带负电,后金属板电势低,选项 A 错误;稳定后,液滴受电场力和洛伦兹力平衡,在重力作用下做匀变速曲线运动,选项 B 正确;根据平衡条件:$q\frac{U}{L}=qvB$,且 $\frac{L}{2}=\frac{1}{2}gt^2$,$d=vt$,解得 $U=Bd\sqrt{gL}$,最大稳定电压 $U_m=BL\sqrt{gL}$,选项 C 错误,D 正确。

29. **答案**:AD

解析:环在向右运动过程中受重力 mg,洛伦兹力 F,杆对环的支持力、摩擦力作用,由于 $v_0>\frac{mg}{qB}$,所以 $qv_0B>mg$,在竖直方向有 $qvB=mg+F_N$,在水平方向存在向左的摩擦力作用,所以环的速度越来越小,当 $F_N=0$ 时,$F_f=0$,环将做速度 $v_1=\frac{mg}{qB}$的匀速直线运动,A 对,B 错,从环开始运动到最后达到稳定状态,损失的机械能为动能的减少量,即$\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}m\left(\frac{mg}{qB}\right)^2$,故 D 对,C 错。

30. **答案**:AD

解析:对 A、B 项,$Eq=mg$,运动了圆周长的$\frac{3}{8}$时,$W_{总}=W_G+W_{电}=\frac{2+\sqrt{2}}{2}r\cdot mg+\frac{\sqrt{2}}{2}r\cdot mg=(1+\sqrt{2})mgr$,运动了$\frac{1}{4}$或$\frac{1}{2}$周时,$W_{总}=2mgr<(1+\sqrt{2})mgr$,由$\frac{1}{2}mv^2=W_{总}$,所以运动了圆周长的$\frac{3}{8}$时 v 最大,$F_{洛}=Bqv$,所以 $F_{洛}$ 最大,A 对,B 错;对 C 项,a 到 b 点,重力势能和电势能都减小,因为重力和电场力都做正功,C 错;对 D 项,b 到 c 点,电势能增大,动能先增大后减小,D 正确。

31. **答案**:D

解析:本题考查了带电粒子在电场中的加速运动和在磁场中做圆周运动的规律.粒子在电场中绕行 n 圈后回到 A 板时获得的总动能为 nqU,A 错;在粒子绕行的整个过程中,A 板电势有时为 $+U$,有时为零,B 错;周期 $T=\frac{2\pi m}{qB}$,在粒子绕行的整个过程中,磁感应强度 B 发生变化,所以 T 也发生变化,C 错;粒子绕行第 n 圈时,$R=\frac{mv}{qB}$,又 $nqU=\frac{1}{2}mv^2$,联立解得 $B=\frac{1}{R}\sqrt{\frac{2nmU}{q}}$,D 对。

32. **答案**:A

解析:根据左手定则判断电子受到的洛伦兹力的方向。电子偏转到 a 点时,根据左手定则可知,磁场方向垂直纸面向外,对应 $B-t$ 图,图线应在 t 轴下方;电子偏转到 b 点时,根据左手定则可知,磁场方向垂直纸面向里,对应 $B-t$ 图,图线应在 t 轴上方。符合条件的是 A 选项。

33. **答案**:BD

解析:以左手定则判断粒子在磁场中的偏转可知粒子带正电荷,故在速度选择器中受到向右的电场力和向左的洛伦兹力,且 $qvB=qE$,则 $v=\frac{E}{B}$,故速度选择器中的磁场方向垂直纸面向外,选项 A 错误,B 正确;粒子打在胶片上的位置越靠近狭缝 P,表示

圆周运动的半径 $R=\frac{mv}{qB}$ 越小，则 $\frac{q}{m}$ 越大，选项 C 错误，D 正确。

34. **答案**：BC

解析：由左手定则，在磁场的作用下，带正电荷的离子向 b 板聚集，带负电荷的离子向 a 板聚集，b 板是电源的正极，当电场力等于洛伦兹力时，两极板间的电压最大，$\frac{U}{d}q=qvB$，$U=Bvd$。

35. **答案**：AB

解析：由带电粒子在磁场中的周期 $T=\frac{2\pi m}{qB}$ 可知 B 正确；粒子运动一周的时间为 $2(t_n-t_{n-1})$，故 C 错误；由 $R_m=\frac{mv_m}{qB}$ 可知，带电粒子的最大动能与 D 形盒的半径有关，故 D 错误，A 正确。

专题十　电磁感应

[过关演练]

1. **答案**：B

解析：由于线框向右运动，所以 ab 两端和 cd 两端存在着相同大小的电动势，ab 中有电流，方向为 $b\to a$，cd 中也有电流，方向为 $c\to d$。同样 R 的回路内有电流，电流方向为 $E\to M$。

2. **答案**：BD

解析：由 $E=BLv=4.5\times10^{-5}\times100\times2\text{V}=9\times10^{-3}\text{V}$ 可知 A 项错误，B 项正确；再由右手定则可判断河北岸电势高，故 C 项错误，D 项正确。

3. **答案**：A

解析：设两板间的距离为 L，由于向左运动的过程中竖直板切割磁感线，产生动生电动势，由右手定则判断下板电势高于上板，动生电动势大小 $E=BLv$，即带电小球处于电势差为 BLv 的电场中，所受电场力 $F_{电}=qE_{电}=q\frac{E}{L}=q\frac{BLv}{L}=qvB$。设小球带正电，则所受电场力方向向上。同时小球所受洛伦兹力 $F_{洛}=qvB$，方向由左手定则判断竖直向下，即 $F_{电}=F_{洛}$，所以 $F_T=mg$。同理分析可知当小球带负电时，$F_T=mg$。故无论小球带什么电，$F_T=mg$。选项 A 正确。

4. **答案**：C

解析：通电螺线管产生稳定的磁场，磁场特征为：两极附近最强且不均匀，管内场强近似均匀。当小线圈穿越两极时，因磁场不均匀，故穿过小线圈的磁通量发生变化，产生感应电流，且因磁场的变化方向不同，故在小线圈中感应电流方向相反，小线圈在螺线管内部运动时，因穿越区域的磁感应强度不变，小线圈中没有感应电流产生，故 C 项正确。

5. **答案**：ABD

解析：在 O 时刻 $\Phi-t$ 图线的斜率最大，由 $E=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 知感应电动势最大，A 选项正确；在 D 时刻 $\Phi-t$ 图线的斜率为 0，由 $E=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 知感应电动势为 0，B 选项正确，C 选项错误；在 O 至 D 时间内 $\bar{E}=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\frac{2\times10^{-3}}{0.005}\text{V}=0.40\text{ V}$，故 D 选项正确。

6. **答案**：AD

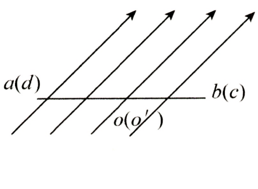
解析：t_1 时刻 Q 电流增强，其磁场增强，则穿过 P 的磁通量变大，由楞次定律可知 P 将阻碍磁通量的变大，则 P 有向下运动的趋势，对桌面的压力增大，故 $N>G$，A 正确；t_2 时刻 Q 电流减小，其磁场减弱，则穿过 P 的磁通量变小，由楞次定律可知 P 将阻碍磁通量的变小，则 P 有向上运动的趋势，对桌面的压力减小，$N<G$，故 B 错误；t_3 时刻电流增大，故 $N>G$，C 错误；t_4 时刻电流减小，故 $N<G$，D 正确。

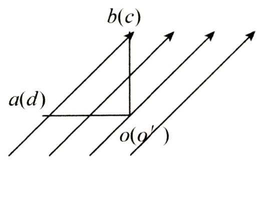
7. **答案**：A

解析：A 中闭合铝管不会被磁铁磁化，但当磁铁穿过铝管的过程中，铝管可看成很多圈水平放置的铝圈，据楞次定律知，铝圈将发生电磁感应现象，阻碍磁铁的相对运动；因 C 中铝管不闭合，所以磁铁穿过铝管的过程不发生电磁感应现象，磁铁做自由落体运动；铁块在 B 中铝管和 D 中铁管中均做自由落体运动，所以磁铁和铁块在管中运动时间满足 $t_A>t_B=t_C=t_D$，A 正确。

8. **答案**：A

解析：对线框的右半边（$obco'$）未旋转时整个回路的磁通量 $\Phi_1=BS\sin45°=\frac{\sqrt{2}}{2}BS$ 对线框的右半边（$obco'$）旋转 90°后，穿进跟穿出的磁通量相等，如图，





整个回路的磁通量 $\Phi_2=0$。$\Delta\Phi=\Phi_1-\Phi_2=\frac{\sqrt{2}}{2}BS$。根据公式 $q=\frac{\Delta\Phi}{R}=\frac{\sqrt{2}BS}{2R}$。选 A。

9. **答案**:D

解析:由 $E=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$,$I=\frac{E}{R}$,$q=I\Delta t$,联立解得 ab 以 a 为轴顺时针以 ω 转过 60°的过程中,通过 R 的电荷量为 $q=\frac{\Delta\Phi}{R}=\frac{\sqrt{3}BL^2}{2R}$;在这过程中金属棒 ab 在回路中产生的感应电动势最大值为 $2\omega L^2B$,电容器 C 充电 $q'=2\omega L^2BC$,以 ω 继续转过 30°的过程中,电容器通过电阻 R 放电,所以 ab 以 a 为轴顺时针以 ω 转过 90°的过程中,通过 R 的电荷量为 $Q=q+q'=BL^2\left(\frac{\sqrt{3}}{2R}+2\omega C\right)$。选项 D 正确。

10. **答案**:D

解析:在 t_1 至 t_2 时间段内弹簧线圈处于收缩状态,说明此段时间内穿过线圈的磁通量变大,即穿过线圈的磁场的磁感应强度变大,则螺线管中电流变大,单匝金属线圈 Q 产生的感应电动势变大,所加磁场的磁感应强度的变化率变大,即 $B-t$ 图线的斜率变大,选项 D 正确。

11. **答案**:A

解析:在 $x=R$ 左侧,设导体棒与圆的交点和圆心的连线与 x 轴正方向成 θ 角,则导体棒切割有效长度 $L=2R\sin\theta$,电动势与有效长度成正比,故在 $x=R$ 左侧,电动势与 x 的关系为正弦图象关系,由对称性可知在 $x=R$ 右侧与左侧的图象对称。

12. **答案**:BD

解析:0～0.1 s 内线圈中的磁场均匀变化,由法拉第电磁感应定律 $E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=nS\frac{\Delta B}{\Delta t}$,代入数据得 $E=30\text{V}$,A 错误;开关闭合瞬间,细框会跳起,可知细框受向上的安培力,由左手定则可判断电流方向由 C 到 D,B 正确;由于 $t=0.22$ s 时通过线圈的磁通量正在减少,再对线圈由楞次定律可知感应电流产生的磁场的方向与 B_2 的方向相同,故再由安培定则可知 B_2 的方向竖直向上,C 错误;K 闭合瞬间,因安培力远大于重力,则由动量定理有 $B_1Il\Delta t=mv$,通过细杆的电荷量 $Q=I\Delta t$,线框向上跳起的过程中 $v^2=2gh$,解得 $Q=0.03\text{C}$,D 正确。

13. **答案**:AC

解析:由于磁感应强度随时间的变化规律是 $B=(0.4-0.2t)\text{T}$,则在 $T=1$ s 时,穿过金属杆与金属框围成的平面的磁通量向下且在减小,则根据楞次定律可知,金属杆 CD 中的感应电流的方向从 C 到 D,故 A 项正确;在 $t=3$ s 时,穿过金属杆与金属框围成的平面的磁通量向上且在增大,则根据楞次定律可知,金属杆 CD 中的感应电流的方向从 C 到 D,故 B 项错误;根据法拉第电磁感应定律可得,在 $t=1$ s 时,回路中产生的感应电动势的大小为 $E=L^2\frac{\Delta B}{\Delta t}\sin 30°=0.1\text{V}$,根据闭合电路欧姆定律和电路的串并联知识可得,流经金属杆 CD 的电流大小为,$I=\frac{E}{R}=1\text{A}$,又根据平衡条件可知,在 $t=1$ s 时挡板 P 对金属杆 CD 产生的弹力为 $F=BIL\sin 30°=0.2\times1\times1\times\frac{1}{2}\text{N}=0.1\text{N}$,又根据牛顿第三定律可得,在 $t=1$ s 时金属杆 CD 对挡板 P 产生的压力为 0.1N,故 C 项正确;根据法拉第电磁感应定律可得,在 $t=3$ s 时,回路中产生的感应电动势的大小为 $E'=L^2\frac{\Delta B}{\Delta t}\sin 30°=0.1\text{V}$,根据闭合电路欧姆定律和电路的串并联知识可得,流经金属杆 CD 的电流大小为 $I'=\frac{E'}{R}=1\text{A}$,又根据平衡条件可知,在 $t=3$ s 时挡板 H 对金属杆 CD 产生的弹力为 $F'=BI'L\sin 30°=0.2\times1\times1\times\frac{1}{2}\text{N}=0.1\text{N}$,根据牛顿第三定律可得,在 $t=3$ s 时金属杆 CD 对挡板 H 产生的压力为 0.1N,故 D 项错误。

14. **答案**:B

解析:设 OM 的电阻为 R,过程Ⅰ,OM 转动的过程中产生的平均感应电动势大小为 $E_1=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t_1}=\frac{B\cdot\Delta S}{\Delta t_1}=\frac{B\cdot\frac{1}{4}\pi l^2}{\Delta t_1}=\frac{\pi Bl^2}{4\Delta t_1}$,流过 OM 的电流为 $I_1=\frac{E_1}{R}=\frac{\pi Bl^2}{4R\Delta t_1}$,则流过 OM 的电荷量为 $q_1=I_1\cdot\Delta t_1=\frac{\pi Bl^2}{4R}$;过程Ⅱ,磁场的磁感应强度大小均匀增加,则该过程中产生的平均感应电动势大小为 $E_2=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t_2}=\frac{(B'-B)S}{\Delta t_2}=\frac{(B'-B)\pi l^2}{2\Delta t_2}$,电路中的电流为 $I_2=\frac{E_2}{R}=\frac{\pi(B'-B)l^2}{2R\Delta t_2}$,则流过 OM 的电荷量为 $q_2=I_2\cdot\Delta t_2=\frac{\pi(B'-B)l^2}{2R}$;由题意知 $q_1=q_2$,则解得 $\frac{B'}{B}=\frac{3}{2}$,B 正确,A、C、D 错误。

15. **答案**:ACD

解析:根据楞次定律可判定闭合回路中产生的感应电流方向始终不变,A 正确;CD 段电流方向是 D 指向 C,根据左手定则可知,

CD 段受到安培力，且方向竖直向下，B 错误；当有一半进入磁场时，产生的感应电动势最大，$E_m=Bav$，C 正确；由法拉第电磁感应定律得 $E=\frac{\Delta\Phi}{t}=\frac{\pi Bav}{4}$，D 正确。

16. **答案**：C

解析：当导线框匀速转动时，设半径为 r，导线框电阻为 R，在很小的 Δt 时间内，转过圆心角 $\Delta\theta=\omega\Delta t$，由法拉第电磁感应定律及欧姆定律可得感应电流 $I_1=\frac{B_0\Delta S}{R\Delta t}=\frac{B_0\cdot\pi r^2\frac{\Delta\theta}{2\pi}}{R\Delta t}=\frac{B_0r^2\omega}{2R}$；当导线框不动，而磁感应强度发生变化时，同理可得感应电流 $I_2=\frac{\Delta BS}{R\Delta t}=\frac{\Delta B\cdot\pi r^2}{2R\Delta t}$，令 $I_1=I_2$，可得 $\frac{\Delta B}{\Delta t}=\frac{\omega B_0}{\pi}$，C 正确。

17. **答案**：AC

解析：R_2 先与滑动变阻器右半部分并联，后与左半部分串联，再与 R_1 串联，R_2 所在并联电路的电阻占外电阻的 $\frac{1}{7}$，故 R_2 两端的电压为 $\frac{U}{7}$，A 对；通过 R_2 的电流与通过滑动变阻器右半部分的电流相等，故通过滑动变阻器左半部分的电流是通过 R_2 的电流的 2 倍，其热功率是 R_2 的 4 倍，滑动变阻器右半部分又与 R_2 的热功率相等，所以滑动变阻器的热功率是 R_2 的 5 倍，C 对；由楞次定律、安培定则可判断 a 极板带负电，B 错；由法拉第电磁感应定律得 $E=\frac{SB}{t}=kS$，其中回路面积为圆的面积，所以感应电动势为 $k\pi r^2$，D 错。

18. **答案**：AD

解析：a、b、c 三个灯泡相同，设 K 闭合时通过三个灯泡的电流均是 I，则 L_1 上电流为 $2I$，L_2 上电流为 I，当 K 断开瞬间，a 灯泡上原有电流立即消失. L_1 上的电流在原有 $2I$ 电流基础上逐渐减小，L_2 上的电流在原有 I 电流基础上逐渐减小，L_1、L_2 上产生的感应电流方向相同。所以在 K 断开瞬间 a 灯上瞬时有 $2I$ 的电流而后逐渐减小，即 a 灯先变亮后逐渐变暗，则 A 正确，B、C 错误；b、c 两灯在原有 I 的电流基础上逐渐减小，即 b、c 两灯逐渐变暗，所以 D 正确。

19. **答案**：D

解析：圆盘发电机的圆盘可看做无数条沿半径方向的金属“条”，转动切割磁感线产生感应电动势，D 项正确；金属“条”相互并联，产生的感应电动势与一条金属“条”转动切割产生的感应电动势相等，即 $E=\frac{1}{2}BL^2\omega$，可见感应电动势大小不变，回路总电阻不变，由闭合电路欧姆定律得 $I=\frac{E}{R}$，故回路中电流大小恒定，且与铜盘转速有关，A、B 项错误；由右手定则可知，回路中电流方向自下而上通过电阻 R，C 项错误。

20. **答案**：AB

解析：由楞次定律可知，产生的感应涡旋电场为顺时针方向，所以电子在轨道上逆时针运动，所以选项 A 对；保持电流的方向不变，当电流增大时，涡旋电场增强，电子将加速，选项 B 对，选项 C 错；电子的速度变化，被加速时电子做圆周运动的周期也变化，所以选项 D 错。

21. **答案**：CD

解析：对此过程，由能量守恒定律可得，回路产生的电能 $E=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}\times\frac{1}{4}mv^2=\frac{3}{8}mv^2$，选项 C 正确；线圈磁通量的变化 $\Delta\Phi=Ba^2$，则由电流定义和欧姆定律可得 $q=\frac{\Delta\Phi}{R}=\frac{Ba^2}{R}$，选项 A 错误；此时线框产生的电流 $I=\frac{2Bav}{2R}=\frac{Bav}{R}$，由牛顿第二定律和安培力公式可得加速度 $a_1=\frac{2BIa}{m}=\frac{2B^2a^2v}{mR}$，选项 B 错误；由电功率定义可得 $P=I^2R=\frac{B^2a^2v^2}{R}$，选项 D 正确。

22. **答案**：A

解析：BC 边刚进入磁场时，产生的感应电动势最大，由右手定则可判定电流方向为逆时针方向，是正值，随线框进入磁场，有效长度 l 逐渐减小，由 $E=Blv$ 得电动势均匀减小，即电流均匀减小；当线框刚出磁场时，切割磁感线的有效长度 l 最大，故电流最大，且为顺时针方向，是负值，此后电流均匀减小，故只有 A 图象符合要求。

23. **答案**：B

解析：图甲中，导体棒向右运动切割磁感线产生感应电流而使电容器充电，当电容器 C 极板间电压与导体棒产生的感应电动势相等时，电路中没有电流，ab 棒向右做匀速运动；图乙中，导体棒向右运动切割磁感线产生感应电流，通过电阻 R 转化为内能，当 ab

棒的动能全部转化为内能时，ab 棒静止；图丙中，导体棒先受到向左的安培力作用做减速运动，接着向左运动，当导体棒产生的感应电动热与电源的电动势相等时，电路中没有电流，ab 棒向左做匀速运动。所以 B 项正确。

24. **答案**：AD

解析：由题意可知，若铝框刚进磁场时受到安培力和重力沿斜面向下的分力平衡，则匀速进入，出磁场时，做加速度减小的减速运动（速度可能一直大于匀速运动的速度），A 项正确；若铝框刚进磁场时受到安培力小于重力沿斜面向下的分力，则铝框将继续做加速度逐渐减小的加速运动，完全进入磁场后，做匀加速运动，出磁场时开始减速，D 项正确。

25. **答案**：C

解析：设导轨间距为 L，通过 R 的电流 $I=\frac{E}{R+r}=\frac{BLv}{R+r}$，因通过 R 的电流 I 随时间均匀增大，即金属棒 ab 的速度 v 随时间 t 均匀增大，金属棒 ab 的加速度 a 为恒量，故金属棒 ab 做匀加速运动。磁通量 $\Phi=\Phi_0+BS=\Phi_0+BL\times\frac{1}{2}at^2=\Phi_0+\frac{BLat^2}{2}$，$\Phi$ 与 t^2 是二次函数关系，A 错误；$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\frac{1}{2}BLat$，$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\propto t$，B 错误；因 $U_{ab}=IR$，且 $I\propto t$，所以 $U_{ab}\propto t$，C 正确；$q=I\Delta t=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t(R+r)}\Delta t=\frac{\Delta\Phi}{R+r}=\frac{BLat^2}{2(R+r)}$，$q\propto t^2$，所以选项 D 错误。

26. **答案**：C

解析：由于磁场区域宽度大于线框宽度，故线框进入磁场过程中若匀速运动，则 $mg-\frac{B^2L^2v}{R}=0$，全部进入后加速向下运动，穿出时 $\frac{B^2L^2v}{R}>mg$，故做减速运动，选项 A 错误；若线框进入磁场时加速，全部进入后仍然加速，穿出时重力与安培力关系不能确定，选项 B 错误；线框减速进入磁场，则 $mg<\frac{B^2L^2v}{R}$，全部进入后加速运动，穿出磁场时 $mg<\frac{B^2L^2v}{R}$，选项 C 正确，D 错误。

27. **答案**：D

解析：金属杆从轨道底端滑上斜面又返回到出发点，由能量的转化和守恒知选项 A 正确；上滑到最高点时动能转化为重力势能和电阻 R 上产生的焦耳热（即克服安培力所做的功），选项 B、C 正确；金属杆两次通过斜面上同一位置时的速度不同，电路的电流不同，故电阻 R 的热功率不同，选项 D 错误。

28. **答案**：AC

解析：由电阻的决定式可知选项 A 正确；由左手定则可知电离气体中的正离子向上侧面聚集，上侧面相当于电源的正极，故流过电阻 R 的电流方向为 $a\to b$，选项 B 错误；对于某个气体离子受力分析，由电场力等于洛伦兹力可知，$q\frac{U}{d}=Bqv$，解得发电导管产生的电动势为 Bdv，选项 C 正确；由于发电导管有内阻，故电阻 R 消耗的电功率一定小于 $\frac{B^2d^2v^2}{R}$，选项 D 错误。

29. **答案**：D

解析：考查电磁感应问题。对导体棒 cd 由 $B\frac{Blv}{2R}l=mg$，得到 $v=5\ \text{m/s}$，选项 A 错；再由 $F=mg+F_{安}=2\text{N}$ 知选项 B 错；在 1 s 内由 $W=Fvt=10\text{J}$，选项 C 错；$Q=\left(\frac{Blv}{2R}\right)^2Rt=2.5\text{J}$，选项 D 对。

30. **答案**：AB

解析：由题意分析可知，由静止释放物块，它将带动金属滑杆 MN 一起运动，当它们稳定时最终将以某一速度做匀速运动而处于平衡状态，设 MN 的最终速度为 v，对 MN 列平衡方程：$\frac{B^2l^2v}{R}+F_f=mg$，所以 $v=\frac{mg-F_f}{B^2l^2}R$，所以 A 项正确；从能量守恒角度进行分析，物块的重力的功率转化为因克服安培力做功而产生的电热功率和克服摩擦力做功产生的热功率，所以有：$I^2R+F_fv=mgv$，所以 $v=\frac{I^2R}{mg-F_f}$，所以 B 项正确；物块重力的最大功率为 $P_m=mgv=mg\frac{mg-F_f}{B^2l^2}R$，所以 C、D 错误。

31. **答案**：AC

解析：当圆环运动到直径刚好与边界线 PQ 重合时，圆环左右两半环均产生感应电动势，根据右手定则可知，其感应电动势大小相等，方向相反，而整个回路组成串联电路，则总电动势为 $E=2B\times2d\times\frac{v}{2}=2Bdv$，此时回路中的电流为 $I=\frac{E}{R}=\frac{2Bdv}{R}$，圆环中的电功率为 $P=IE=\frac{4B^2d^2v^2}{R}$，故选项 A 正确；根据左手定则可判断，圆环左右两半环均受到大小相等、方向向左的安培力作用，

合力为 $F=2BI\times 2d=\frac{8B^2d^2v}{R}$，因此，此时圆环的加速度为 $a=\frac{F}{m}=\frac{8B^2d^2v}{mR}$，故选项 B 错误；在这一过程中，线圈向里的磁通量减少 $\frac{\pi Bd^2}{2}$，而线圈向外的磁通量增加 $\frac{\pi Bd^2}{2}$，则通过线圈的磁通量的变化量为 $\Delta\Phi=B\pi d^2$，此过程中通过圆环截面的电荷量为 $q=\frac{\Delta\Phi}{R}=\frac{\pi Bd^2}{R}$，故选项 C 正确；根据能量守恒定律可知，在这一过程中，线圈中产生的热量为 $Q=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}m\left(\frac{v}{2}\right)^2=0.375mv^2$，则选项 D 错误。

32. **答案**：D

解析：金属棒滑下过程中，根据动能定理有 $mgh=\frac{1}{2}mv_m^2$，根据法拉第电磁感应定律有 $E=BLv_m$，根据闭合电路欧姆定律有 $I=\frac{E}{2R}$，联立得 $I_m=\frac{BL\sqrt{2gh}}{2R}$，A 错误；根据 $q=\frac{\Delta\Phi}{2R}$ 可知，通过金属棒的电荷量为 $\frac{BdL}{2R}$，B 错误；全过程根据动能定理得 $mgh+W_f+W_安=0$，故 C 错误；由 $W_f=-\mu mgd$，金属棒克服安培力做的功完全转化成电热，由题意可知金属棒与电阻 R 上产生的焦耳热相同，设金属棒上产生的焦耳热为 Q，故 $2Q=-W_安$，联立得 $Q=\frac{1}{2}mg(h-\mu d)$，D 正确。

33. **答案**：AC

解析：棒 ab 在 ac 之间的运动只受水平向右的恒力 F，一定是匀加速直线运动，棒 ab 在 ce 之间，若 $F=F_安$，有可能一直做匀速运动，选项 A 正确，B 错误；根据 ab 离开磁场前已做匀速直线运动，由 $2F_0=BIL$，$I=\frac{E}{R+r}$，$E=BLv$，联立解得棒 ab 离开磁场时的速率为 $v=\frac{2F_0(R+r)}{B^2L^2}$，选项 C 正确；由法拉第电磁感应定律、闭合电路欧姆定律和电流定义式可得棒 ab 经过磁场的过程中，通过电阻 R 的电荷量为 $q=\frac{\Delta\Phi}{R_总}=\frac{BLd}{R+r}$，选项 D 错误。

34. **答案**：BD

解析：由于 A 线圈上有缺口，A 中不产生感应电流，不受安培力的阻碍作用，所以 A 线圈先落地，B 正确。B、C 线圈在进入磁场的过程中，受安培力与重力作用，满足：

$mg-\frac{B^2L^2v}{R}=ma$，$m=\rho_密\cdot 4L\cdot S$，$R=\rho_电\frac{4L}{S}$，

所以 $4\rho_密 LSg-\frac{B^2LSv}{4\rho_电}=4\rho_密 LSa$，

$4\rho_密 g-\frac{B^2v}{4\rho_电}=4\rho_密 a$，

$a=g-\frac{B^2v}{16\rho_密\rho_电}$，由于 B、C 线圈起始下落高度相同，材料相同，所以 a 相同，进入相同的磁场，B、C 线圈同时落地，D 选项正确。

35. **答案**：CD

解析：由于电动机的输出功率恒定，由 $P_出=Fv$ 及 $F-mg-\frac{B^2L^2v}{R}=ma$ 可知导体棒的加速度逐渐减小，故选项 A 错误；电动机的输出功率为：$P_出=IU-I^2r=6\text{W}$，选项 B 错误；电动机的输出功率就是电动机牵引棒的拉力的功率，$P_出=Fv$，当棒达稳定速度时 $F=mg+BI'L$，感应电流 $I'=\frac{E}{R}=\frac{BLv}{R}$，解得棒达到的稳定速度 $v=2\text{ m/s}$，选项 C 正确；由能量守恒定律得：$P_出 t=mgh+\frac{1}{2}mv^2+Q$，解得 $t=1\text{ s}$，选项 D 正确。

专题十一　交变电流

［过关演练］

1. **答案**：C

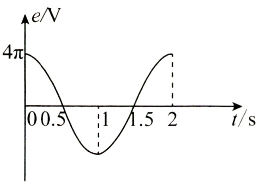
解析：电压表的示数是有效值，$U=\frac{E_{有效}}{R+r}R=\frac{6}{9+1}\times 9\text{ V}=5.4\text{ V}$，A 错误；$t=10^{-2}\text{ s}$ 时感应电动势为零，穿过线圈的磁通量最大，B 错误；原来线圈的转速为 $n=\frac{\omega}{2\pi}=\frac{2\pi}{2\pi T}=50\text{ r/s}$，当线圈的转速改为 25 r/s 时，感应电动势的最大值 $U_m=\frac{6\sqrt{2}}{2}\text{ V}=3\sqrt{2}\text{ V}$，有效值为 3 V，C 正确；若线圈转速改为 25 r/s，通过灯泡的电流为0.3 A，D 错误。

2. **答案**:C

解析:交流电的概念,大小和方向都随时间变化,在 t 轴的上方为正,下方为负,A 错;有效值 $E=\frac{E_m}{\sqrt{2}}$只对正弦交流电使用,最大值一样,所以 B 错;由图可知,C 对;变压之后频率不变,D 错。

3. **答案**:AD

解析:$t=0$ 时,磁通量为零,磁感线与线圈平面平行,A 正确;当磁感线与线圈平面平行时,磁通量变化率最大,感应电动势最大,画出感应电动势随时间变化的图象如图,由图可知,$t=1$ s 时,感应电流没有改变方向,B 错误;$t=1.5$ s 时,感应电动势为 0,C 错误;感应电动势最大值 $E_m=NBS\omega=N\Phi_m\frac{2\pi}{T}=100\times0.04\times\frac{2\pi}{2}$ V$=4\pi$ V,有效值 $E=\frac{\sqrt{2}}{2}\times4\pi$ V$=2\sqrt{2}\pi$ V,$Q=\frac{E^2}{R}T=8\pi^2$ J,D 正确。



4. **答案**:C

解析:线圈的周长 $L=\pi D$,由 $e=NBS\omega=NB_2\pi r\cdot\frac{1}{2}\omega r=NBLv$ 知,电动势瞬时值的表达式 $e=64\sin\pi t$(V),选项 A 错误;电流瞬时值的表达式 $i=\frac{e}{R+r}=4\sin\pi t$(A),选项 B 错误;电流有效值 $I=\frac{4}{\sqrt{2}}$A$=2\sqrt{2}$A,灯泡的电功率 $P=I^2R=120$ W,选项 C 正确;灯泡两端的电压 $U=IR=30\sqrt{2}$ V,选项 D 错误。

5. **答案**:B

解析:对变压器,由$\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$可得 $U_{ab}=220$ V;对滑动变阻器来说,当 gh 间接上电压时,ef 间电压 $U_{ef}=110$ V,故 B 选项正确。

6. **答案**:B

解析:该交流电的瞬时值表达式为 $e=NBS\omega\sin\omega t=50\sqrt{2}\sin100\pi t$ V,其峰值为 $50\sqrt{2}$ V,所以 A、C 均错。由于一个周期内只有半个周期产生感应电动势,所以有$\frac{E^2}{R}T=\frac{50^2}{R}\times\frac{T}{2}+0$,解得 $E=25\sqrt{2}$ V,即 B 对。C 变大时电容器对交流电的阻碍作用减小,电流表的示数变大,所以 D 错。

7. **答案**:B

解析:感应电动势的最大值 $E_m=\frac{1}{2}NBL^2\omega$,有效值 $E=\frac{E_m}{\sqrt{2}}=\frac{\sqrt{2}}{4}NBL^2\omega$。在转动的过程中,线圈始终有一半在磁场中运动,故线圈中始终有电流通过。图中所示位置,穿过线圈的磁通量为$\frac{1}{2}BL^2$,正确选项为 B。

8. **答案**:A

解析:若未考虑铁芯的漏磁因素,上线圈电压有效值 $U_1=\frac{51}{\sqrt{2}}$ V≈36 V,按变压器的变压比$\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$得 $U_2=\frac{n_2}{n_1}U_1=9.0$ V,而实际上因为漏磁等因素,副线圈磁通量 $\Phi_2<\Phi_1$,由 $U=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$得$\frac{U_1}{n_1}>\frac{U_2}{n_2}$,则应选 A。

9. **答案**:BC

解析:当导线框 N 完全进入磁场后,通过线框的磁通量将不变,无感应电流产生,因此它不会产生正弦交流电,A 项错误;导线框每转动一圈,产生的感应电流的变化为一个周期,B 项正确;在 $t=\frac{T}{8}$时,导线框转过的角度为 45°,切割磁感线的有效长度相同,均为绕圆心的转动切割形式,设圆弧半径为 R,则感应电动势均为 $E=\frac{1}{2}BR^2\omega$,C 项正确;导线框 N 转动的一个周期内,有半个周期无感应电流产生,所以两导线框的感应电动势的有效值并不相同,由闭合电路欧姆定律可知,两导线框的电阻相等时,感应电流的有效值一定不相同,D 项错误。

10. **答案**:D

解析:由题图可知发电机内部磁极与铁芯之间的缝隙中为方向沿半径的辐向磁场,所以与转轴距离相等的各点磁感应强度大小相等,根据法拉第电磁感应定律可知回路中产生大小恒定的感应电动势,A、B 两项错误;当线圈转到竖直位置时,回路中感应电动势方向发生变化,C 项错误,D 项正确。

11. **答案**:A

解析:设原线圈中电流为 I_1,副线圈中电流为 I_2 由变压器变压公式可得$\frac{220\text{ V}-I_1R}{U}=\frac{n_1}{n_2}=3$,由变流公式有,$\frac{I_1}{I_2}=\frac{1}{3}$,由欧姆定

律可得，副线圈回路中电阻两端电压$U=I_2R$，联立解得$U=66$ V。电阻消耗功率$P=I^2R$，由于$\frac{I_1}{I_2}=\frac{1}{3}$，所以原、副线圈回路中电阻消耗功率的比值为$\frac{1}{9}$，选项A正确。

12. **答案**：BC

解析：S由b切换到a时，副线圈匝数增多，则输出电压U_2增大，R消耗的功率增大，由变压器功率关系可知，其输入功率也增大，故I_1增大，所以A错，C对；S由a切换到b时，副线圈匝数减少，则输出电压U_2减小，I_2减小，B对；P向上滑动时，R减小，I_2增大，由电流与匝数的关系可知，I_1增大，D错。

13. **答案**：BC

解析：本题考查变压器电路的动态分析，意在考查考生对变压器电路规律的掌握及动态分析问题的能力。向下滑动P时，副线圈的匝数变少，由变压比公式可知，副线圈两端的电压变小，灯泡变暗，A项错误；增大交流电源的电压，由变压比公式可知，副线圈两端的电压增大，灯泡变亮，B项正确；电压不变，增大交流电源的频率，可减小电容器的容抗，电路中的电流变大，灯泡变亮，C项正确；减小电容器的电容，电容器的容抗增大，电路中电流减小，灯泡变暗，D项错误。

14. **答案**：D

解析：由于$n_1<n_2$，所以左边的理想变压器为升压变压器，低压交流电源经过理想升压变压器后，由于功率不变，所以电流变小，则A_1表的示数小于A_2表的示数，故A项错误；由$\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$，$U_3=U_2-I_{A1}\cdot 2R$及$\frac{U_3}{U_4}=\frac{n_3}{n_4}$可知，$L_1$两端的电压$U_{L1}=U_4=U_1-\frac{n_4}{n_3}\cdot I_{A1}\cdot 2R$，又$L_2$两端的电压$U_{L2}=U_1-I_{A2}\cdot 2R$，因$\frac{n_4}{n_3}I_{A1}<I_{A2}$，故$U_{L1}>U_{L2}$，由$P=\frac{U^2}{R}$可知，$L_1$的功率大于$L_2$的功率，所以$L_1$的亮度大于$L_2$，故B项错误；由于$A_1$表的示数小于$A_2$表的示数，由$P=I^2R$可知，$R_1$消耗的功率小于$R_3$消耗的功率，故C项错误；由于$A_1$表的示数小于$A_2$表的示数，由$U=IR$可知，$R_2$两端的电压小于$R_4$两端的电压，故D项正确。

15. **答案**：BD

解析：若变压器初级电压为U_{ab}，则次级电压为$U_2=\frac{n_2}{n_1}U_{ab}$；由于二极管的单向导电性使得$cd$间电压为$U_{cd}=\frac{U_2}{2}$，故$\frac{U_{ab}}{U_{cd}}=\frac{2n_1}{n_2}$，A错误；增大负载的阻值$R$，输出功率减小，则输入电流减小，即电流表的读数减小，B正确；cd间的电压由变压器的初级电压决定，与负载电阻R的大小无关，C错误；若二极管短路，则$U_{cd}=U_2$，则次级电流会加倍，则初级电流也加倍，D正确。

16. **答案**：A

解析：根据输入端的连接关系可知，图中甲为电压互感器，图中电表为电压表；乙为电流互感器，图中的电表为电流表。根据变压器的电压、电流与匝数的关系可得，图甲中原、副线圈电压关系为$\frac{U_1}{220\ \text{V}}=\frac{100}{1}$，所以输电电压$U_1=22\ 000$ V；图乙中原、副线圈中电流关系为$\frac{I_1}{10\ \text{A}}=\frac{10}{1}$，所以输电电流$I_1=100$ A，A正确。

17. **答案**：B

解析：输电线上输送的电流$I=\frac{P}{U}=\frac{3\times10^6\ \text{kW}}{500\ \text{kV}}=6\ 000$ A，A错；输电线上损失的电压为$\Delta U=Ir=6\ 000\times2.5\ \text{V}=1.5\times10^4\ \text{V}=15$ kV，B对；若改用5 kV的电压输电，则输电线上输送的电流$I'=\frac{P}{U}=\frac{3\times10^6\ \text{kW}}{5\ \text{kV}}=6\times10^5$ A，输电线上损失的功率$\Delta P_1=I'^2r=(6\times10^5)^2\times2.5\ \text{W}=9\times10^{11}$ kW，表明电能将在线路上损耗完，则输电线上损失的功率为3×10^6 kW，C错；D项中输电线上损失的功率$\Delta P=\frac{U^2}{r}$，U应为输电线上损耗的电压，而不是输电电压，D错。

18. **答案**：B

解析：根据图乙可知，原线圈输入的交变电压的最大值$U_{1m}=180\sqrt{2}$ V，有效值$U_1=180$ V，周期$T_1=0.02$ s，频率$f_1=\frac{1}{T_1}=50$ Hz，又$n_1:n_2=5:1$，所以副线圈的输出电压的最大值为$U_{2m}=36\sqrt{2}$ V，有效值$U_2=36$ V，周期$T_2=T_1=0.02$ s，频率$f_2=f_1=50$ Hz；若副线圈两端接阻值为12 Ω的电阻，则$I_2=\frac{U_2}{R}=3$ A，$I_1=\frac{n_2I_2}{n_1}=0.6\ \text{A}>0.5$ A，即流过保险丝的电流超过了其熔断电流，选项A错误；若并联两盏“36 V，40 W”的灯泡，那么，灯泡两端电压刚好为其额定电压，此时，流过保险丝的电流$I_1=\frac{n_2I_2}{n_1}=0.2I_2=0.2\times2\times\frac{40}{36}=\frac{4}{9}\ \text{A}<0.5$ A，显然，整个电路和用电器均能正常工作，所以选项B正确；输出交流电的频率为50 Hz，所以副线圈两端不可以接工作频率为10 Hz的用电设备，选项C错误；电容器的耐压值指的是允许通过的最大电压值，题中副线圈的输出电压的最大值为$U_{2m}=36\sqrt{2}\ \text{V}>36$ V，即超过了电容器的耐压值，所以选项D错误。

19. **答案**:ABD

解析:S 由 a 合到 b 时,n_1 减小,由 $\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$ 可知 U_2 增大,变压器输出的功率 $P_2=\frac{U_2^2}{R}$ 随之增大,理想变压器 $P_1=P_2$,又 $P_1=U_1I_1$,U_1 不变,则必有 I_1 增大,选项 A 正确;S 由 b 合到 a 时,与上述情况相反,副线圈电压 U_2 将减小,R 消耗的功率将减小,选项 B 正确;P 上滑时,R 增大,变压器输出的功率 $P_2=\frac{U_2^2}{R}$ 减小,则 P_1 减小,由 $P_1=U_1I_1$ 知 I_1 减小,选项 C 错误;若 U_1 增大,由 $\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$ 可知 U_2 增大,$I_2=\frac{U_2}{R}$ 随之增大,由 $I_1=\frac{n_2}{n_1}I_2$ 知 I_1 也增大,选项 D 正确。

20. **答案**:ACD

解析:图甲中的磁通量变化规律为 $\Phi_甲=B_0S\cos\frac{2\pi}{T}t$,图乙中磁通量的变化规律为 $\Phi_乙=B_0S\cos\frac{2\pi}{T}t$。由于两线圈的磁通量变化规律相同,则两线圈中感应电动势的变化规律相同,到达最大值的时刻也相同,感应电动势有效值 E 也相同。又因两线圈电阻相同,所以 $Q=\frac{E^2}{R}t$ 也相同。经过 $\frac{T}{4}$ 时间,流过两线圈横截面的电荷量 $q=\bar{I}\cdot\frac{T}{4}$ 也相同。故 A、C、D 三项正确。

专题十二　动量守恒定律

[过关演练]

1. **答案**:C

解析:根据自由落体运动和动量定理有 $v^2=2gh$(h 为 25 层楼的高度,约 70 m),$Ft=mv$,代入数据解得 $F\approx1\times10^3$ N,所以 C 正确。

2. **答案**:B

解析:b 做自由落体运动,c 的竖直分运动是自由落体运动,故 b、c 的加速度为 g,设斜面的倾角为 θ,则 a 的加速度为 $g\sin\theta$,下落相同高度,设高度为 h,a 下滑时间为 t_1,则 $\frac{h}{\sin\theta}=\frac{1}{2}gt_1^2\sin\theta$,所以 $t_1=\frac{1}{\sin\theta}\sqrt{\frac{2h}{g}}$,$b$、$c$ 下落时间为 $t_2=\sqrt{\frac{2h}{g}}$,a 与 b、c 所用时间不同,选项 A 错误;a 的动量变化量为 $mg\sin\theta\cdot t_1=m\sqrt{2hg}$,$b$、$c$ 的动量变化量为 $mgt_2=m\sqrt{2hg}$,故三球动量变化大小相等,选项 B 正确;由机械能守恒可知,c 的末动能大于 a、b 的末动能,选项 C 错误;由于 $t_1>t_2$,所以重力对它们的冲量大小不相等,选项 D 错误。

3. **答案**:A

解析:根据牛顿运动定律得 $F=ma=m\frac{\Delta v}{t}=70\times\frac{30}{5}$ N$=420$ N,安全带对乘客的作用力大小也为 420 N,和 A 选项相近,所以选 A。

4. **答案**:D

解析:Δt 时间内贮气瓶喷出气体的质量 $\Delta m=\rho Sv\cdot\Delta t$,对于贮气瓶、瓶内气体及喷出的气体所组成的系统,由动量定理得 $F\cdot\Delta t=\Delta mv-0$,解得 $F=\rho v^2S$,选项 D 正确。

5. **答案**:A

解析:燃气从火箭喷口喷出的瞬间,火箭和燃气组成的系统动量守恒,设燃气喷出后的瞬间,火箭的动量大小为 p,以火箭运动方向为正方向,根据动量守恒定律,可得 $p-mv_0=0$,解得 $p=mv_0=0.050$ kg$\times600$ m/s$=30$ kg·m/s,选项 A 正确。

6. **答案**:BD

解析:本题考查动量守恒、功能关系及能量守恒定律,设最终箱子与小物块的速度为 v_1,根据动量守恒定律得 $mv=(m+M)v_1$,则动能损失 $\Delta E_k=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}(m+M)v_1^2$,解得 $\Delta E_k=\frac{mM}{2(m+M)}v^2$,B 正确;依题意,小物块与箱壁碰撞 N 次后回到箱子的正中央,相对箱子运动的路程为 $x=0.5L+(N-1)L+0.5L=NL$,故系统因摩擦产生的热量即为系统损失的动能,$\Delta E_k=Q=N\mu mgL$,D 正确。

7. **答案**:C

解析:以向右为正方向,由动量守恒可知 $(m+M)v_0=Mv_1-mv$,解得小船的速度为答案 C。

8. **答案**:C

解析:根据动量定理分别研究四种情况下物体的速率。以沿斜面向下为正方向,取 $t_0=1$ s,A 图中:$mg\sin30^\circ\cdot3t_0+F\cdot2t_0-Ft_0=mv_1$,得 $v_1=20$ m/s;B 图中:$mg\sin30^\circ\cdot3t_0-Ft_0+Ft_0=mv_2$,得 $v_2=15$ m/s;C 图中:$mg\sin30^\circ\cdot3t_0+F\cdot2t_0=mv_3$,得 $v_3=25$ m/s;D 图中:$mg\sin30^\circ\cdot3t_0+F\cdot2t_0-F't_0=mv_4$,得 $v_4=15$ m/s。故选项 C 正确。

9. **答案**:B

解析:设每个氧离子加速获得的速度为 v_0,则有:

$2eU=\frac{1}{2}mv_0^2$

氧离子被加速过程中,与飞行器组成的系统动量守恒,对一秒内的所有被加速的氧离子与飞行器有:$Mv=Nmv_0$。故 $v=\frac{2N}{M}\sqrt{eUm}$,即 B 正确。

10. **答案**:D

解析:根据动量守恒定律,木板与人组成的系统动量守恒,对于题中的"人板模型",设各自对地的位移为 x'_m、x_m,且有 $m'x'_m=mx_m$,$x'_m+x_m=L_{板长}$,以 M 点为参考点,人向右运动,木板向左运动,易得 D 是正确的。

11. **答案**:D

解析:从图乙可以看出,B 做匀减速运动,A 做匀加速运动,最后的共同速度为 1 m/s,系统动量守恒,$mv_0=(m+M)v$,求得 $M=2$ kg,木板获得的动能为 1 J,系统损失的动能为 2 J,木板的最小长度是两者在 1 s 内的位移差,为 1 m,B 运动的加速度大小为 1 m/s^2,动摩擦因数为 0.1,故选项 D 正确。

12. **答案**:CD

解析:汽车和拖车整体合外力不为零,故动量不守恒,选项 A 错误;汽车和拖车整体除重力之外的其他力做功之和大于零,系统机械能增加,选项 B 错误;以拖车为研究对象,由牛顿第二定律得 $-\mu mg=ma'$,则 $a'=-\mu g$,由 $0-v_0=a't$ 得,拖车脱钩后到停止经历的时间为 $t=\frac{v_0}{\mu g}$,选项 C 正确;全过程系统受到的合外力始终为 $(M+m)a$,末状态拖车的动量为零,全过程对系统应用动量定理可得 $(M+m)a\cdot\frac{v_0}{\mu g}=Mv'-(M+m)v_0$,解得 $v'=\frac{(M+m)(a+\mu g)}{\mu Mg}v_0$,选项 D 正确。

13. **答案**:D

解析:由题设条件,三球在碰撞过程中总动量和总机械能守恒。若各球质量为 m,而碰撞前系统总动量为 mv_0,总动能为 $\frac{1}{2}mv_0^2$。选项 A、B 中的数据都违反了动量守恒定律,故不可能。假如选项 C 正确,则碰后总动量为 mv_0,但总动能为 $\frac{1}{4}mv_0^2$,这显然违反了机械能守恒定律,故也不可能。选项 D 正确,既满足动量守恒定律,也满足机械能守恒定律。

14. **答案**:A

解析:由 $m_B=2m_A$,知碰前 $v_B<v_A$,若左为 A 球,设碰后二者速度分别为 v'_A,v'_B

由题意知 $p'_A=m_Av'_A=2$ kg·m/s

$p'_B=m_Bv'_B=10$ kg·m/s

由以上各式得 $\frac{v'_A}{v'_B}=\frac{2}{5}$,故正确选项为 A。

若右为 A 球,由于碰前动量都为 6 kg·m/s,即都向右运动,两球不可能相碰。

15. **答案**:AB

解析:设碰撞后两者的动量都为 p,根据动量守恒和能量守恒得,总动量为 $2p$,根据 $p^2=2mE_k$,以及能量的关系得 $\frac{4p^2}{2M}\geqslant\frac{p^2}{2m}+\frac{p^2}{2M}$,得 $\frac{M}{m}\leqslant 3$,所以 A、B 正确。

16. **答案**:A

解析:本题考查对物体运动速度的估算,意在考查考生的估算能力。用量角器测量,碰撞后两球轨迹的夹角约为 60°,动量守恒 $mv=2mv'\cos 30°$,则 $\frac{v'}{v}=\frac{1}{\sqrt{3}}$,所以碰撞过程中系统损失的动能约占碰撞前动能的 $\frac{v^2-2v'^2}{v^2}=1-2\left(\frac{v'}{v}\right)^2=1-2\times\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2\approx 33\%$,最接近 A 项,A 项正确。

17. **答案**:B

解析:由 $h=\frac{1}{2}gt^2$ 可知,爆炸后甲、乙两块弹片做平抛运动的时间 $t=1$ s,爆炸过程中,爆炸力对沿原方向运动的一块的冲量沿运动方向,故这一块的速度必然增大,即 $v>2$ m/s,因此水平位移大于 2 m,C、D 项错;甲、乙两块弹片在爆炸前后,水平方向不受外力,故水平方向动量守恒,即甲、乙两块的动量改变量大小相等,两块弹片质量比为 3∶1,所以速度变化量之比为 1∶3,由平抛运动水平方向上,$x=v_0t$,所以 A 图中,$v_乙=-0.5$ m/s,$v_甲=2.5$ m/s,$\Delta v_乙=-2.5$ m/s,$\Delta v_甲=0.5$ m/s,A 项错;B 图中 $v_乙=0.5$ m/s,$v_甲=2.5$ m/s,$\Delta v_乙=-1.5$ m/s,$\Delta v_甲=0.5$ m/s,B 项对。

18. **答案**:B

解析:根据摆动过程中机械能守恒和两次击中沙袋摆动的角度相等可知,两次击中沙袋后的速度相同,设为 v,用 M 表示沙袋的质量,m 表示弹丸的质量,由动量守恒得:

第一次:$mv_1=(M+m)v$

第二次:$mv_2-(M+m)v=(M+2m)v$

可以解得 $v_1:v_2=41:83$。

19. **答案**:AC

解析:若环与板碰撞时间极短,则它们受到的重力和弹簧的弹力的冲量可忽略,而除了重力和弹簧的弹力以外,没有别的外力,所以可以认为环与板的总动量守恒,故 A 正确;碰撞中只有完全弹性碰撞才是机械能守恒的,而题中环与板的碰撞是完全非弹性碰撞,所以碰撞时机械能不守恒,故 B 不正确;板的新平衡位置是指弹簧对板的弹力与环和板的重力相平衡的位置,由弹簧的劲度系数和环与板的重力决定,与环的下落高度 h 无关,故 C 正确;碰后板和环一起下落的过程中,系统机械能守恒,减少的动能和减少的重力势能之和才等于克服弹簧弹力所做的功,故 D 错误。

20. **答案**:B

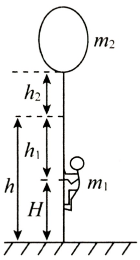
解析:A 先向左减速到零,再向右做加速运动,在此期间,木板做减速运动,最终它们保持相对静止,设 A 减速到零时,木板的速度为 v_1,最终它们的共同速度为 v_2,取水平向右为正方向,则 $Mv-mv=Mv_1$,$Mv_1=(M+m)v_2$,可得 $v_1=\frac{8}{3}$ m/s,$v_2=2$ m/s,所以在小木块 A 做加速运动的时间内,木板速度大小应大于2.0 m/s而小于$\frac{8}{3}$ m/s,只有选项 B 正确。

21. **答案**:D

解析:所有的碰撞都是弹性碰撞,所以不考虑能量损失。设竖直向上为正方向,根据机械能守恒定律和动量守恒定律可得,$(m_1+m_2)gh=\frac{1}{2}(m_1+m_2)v^2$,$m_2v-m_1v=m_1v_1+m_2v_2$,$\frac{1}{2}(m_1+m_2)v^2=\frac{1}{2}m_1v_1^2+\frac{1}{2}m_2v_2^2$,$\frac{1}{2}m_1v_1^2=m_1gh_1$,将 $m_2=3m_1$ 代入,联立可得 $h_1=4h$,选项 D 正确。

22. **答案**:B

解析:当人滑到绳下端时,如图所示,设人下滑高度为 h_1,气球上升高度为 h_2,由动量守恒定律,得 $m_1\frac{h_1}{t}=m_2\frac{h_2}{t}$,且$h_1+h_2=h$。解得 $h_1\approx1.4$ m;所以他离地高度 $H=h-h_1=3.6$ m,故选项 B 正确。



23. **答案**:B

解析:取向右为正,B 船上的人第一次推出 A 船时,由动量守恒定律得 $m_Bv_1-m_Av=0$,解得 $v_1=\frac{m_A}{m_B}v$,当 A 船向右返回后,B 船上的人第二次将 A 推出,由动量守恒定律得 $m_Av+m_Bv_1=-m_Av+m_Bv_2$,解得 $v_2=v_1+\frac{2m_A}{m_B}v$,设第 n 次推出 A 时,B 的速度大小为 v_n,由动量守恒定律得 $m_Av+m_Bv_{n-1}=-m_Av+m_Bv_n$,解得 $v_n=v_{n-1}+\frac{2m_A}{m_B}v$ 则有 $v_n=(2n-1)\frac{m_A}{m_B}v$,由 $v\leqslant v_n$,得 $n\geqslant5.5$,取 $n=6$,即第 6 次推出 A 时,B 船上的人就不能再接到 A 船。

24. **答案**:C

解析:设航天器运动的方向为正方向,以鸟为研究对象,碰撞过程中由动量定理可得:$Ft=mv_2-(-mv_1)$,则 $F=\frac{m(v_1+v_2)}{t}\approx4\times10^9$ N,故选项 C 正确。

25. **答案**:C

解析:A 运动到最低点有:$mgh=\frac{1}{2}mv_A^2$,到达最低点恰好与 B 相撞,并黏合在一起有:$mv_A=2mv$,$v=\frac{v_A}{2}$,两者同时上升时机械能守恒,有:$\frac{1}{2}\times2mv^2=2mgH$,联立解得,$H=\frac{h}{4}$,C 正确。

26. **答案**:B

解析:两冰壶碰撞过程动量守恒,两冰壶发生正碰,由动量守恒定律可知,碰撞前后系统动量不变,两冰壶的动量方向即速度方向不会偏离甲原来的方向,故 A 错误;如果两冰壶发生弹性碰撞,碰撞过程动量守恒、机械能守恒,两冰壶质量相等,碰撞后两冰壶交换速度,甲静止,乙的速度等于甲的速度,碰后乙做减速运动,最后静止,最终两冰壶的位置如选项图 B 所示,故 B 正确;两冰壶碰撞后,甲的速度不可能大于乙的速度,碰后乙在前,甲在后,故 C 错误;碰撞过程机械能不可能增大,两冰壶质量相等,碰撞后甲的速度不可能大于乙的速度,即碰撞后甲的位移不可能大于乙的位移,故 D 错误。

27. **答案**:AC

解析:两次都没射出,则子弹与木块最终共速,设为 $v_共$,由动量守恒定律可得 $mv=(M+m)v_共$,得 $v_共=\frac{m}{M+m}v$;子弹对滑块所做的功等于木块获得的动能,故选项 A 正确;系统损失的机械能转化为热量,故选项 C 正确。

28. **答案**:A

解析:设带电粒子以速度 v 在匀强磁场中做匀速圆周运动,洛伦兹力提供向心力,由洛伦兹力公式和牛顿运动定律得,$qvB=m\frac{v^2}{R}$,解得 $mv=qBR$。两个粒子的动量 mv 相等,则有 $q_aBR_a=q_bBR_b$。根据题述,a 运动的半径大于 b 运动的半径,即 $R_a>R_b$,所以 $q_a<q_b$,选项 A 正确;根据题述条件,不能判断出两粒子的质量关系,选项 B 错误;带电粒子在匀强磁场中运动的周期 $T=\frac{2\pi R}{v}=\frac{2\pi m}{qB}$,不能判断出两粒子的周期、比荷之间的关系,选项 C、D 错误。

29. **答案**:AD

解析:根据 $s-t$ 图象的斜率等于速度,可知碰前滑块Ⅰ速度为 $v_1=-2$ m/s,滑块Ⅱ的速度为 $v_2=0.8$ m/s,则碰前速度大小之比为 5∶2,故选项 A 正确;碰撞前后系统动量守恒,碰撞前,滑块Ⅰ的动量为负,滑块Ⅱ的动量为正,由于碰撞后总动量为正,故碰撞前总动量也为正,故碰撞前滑块Ⅰ的动量大小比滑块Ⅱ的小,故选项 B 错误;碰撞后的共同速度为 $v=0.4$ m/s,根据动量守恒定律,有 $m_1v_1+m_2v_2=(m_1+m_2)v$,解得 $m_2=6m_1$,由动能的表达式可知,$\frac{1}{2}m_1v_1^2>\frac{1}{2}m_2v_2^2$,故选项 C 错误,D 正确。

30. **答案**:AD

解析:A 与 B 碰后瞬间,C 的运动状态未变,此时 B 的速度最大,由 A、B 组成的系统动量守恒(取向右为正方向),有 $m_Av_0=-m_Av_A+m_Bv_B$,代入数据得 $v_B=4$ m/s,选项 A 正确,B 错误;B 与 C 相互作用使 B 减速,C 加速,由于 B 足够长,所以 B 和 C 能达到相同速度,二者共速后,C 速度最大,由 B、C 组成的系统动量守恒,有 $m_Bv_B=(m_B+m_C)v_C$,代入数据得 $v_C=2$ m/s,选项 C 错误,D 正确。

31. **答案**:A

解析:木板没有固定时,据动量守恒定律有 $0=(M+m)v$,则 $v=0$,据能量转化和守恒定律有 $Q=E_p=F_fx$。木板固定时,据动量守恒定律有 $0=(M+m)v'$,则 $v'=0$,据能量转化和守恒定律有 $Q=E_p=F_f\cdot x'$。故 $x=x'$,小物块最终仍然停在 A 点,选项 A 正确。

32. **答案**:AC

解析:对题图甲,设物体 A 的质量为 M,由机械能守恒定律可得,弹簧压缩量为 x 时弹性势能 $E_p=\frac{1}{2}Mv_0^2$;对题图乙,物体 A 以 $2v_0$ 的速度向右压缩弹簧,A、B 组成的系统动量守恒,弹簧达到最大压缩量时,A、B 速度相等,设为 v 由动量守恒定律有 $M\cdot 2v_0=(M+m)v$,由能量守恒定律有 $E_p=\frac{1}{2}M\cdot(2v_0)^2-\frac{1}{2}(M+m)v^2$,联立解得 $M=3m$,$E_p=\frac{1}{2}Mv_0^2=\frac{3}{2}mv_0^2$,选项 A、C 正确,B、D 错误。

33. **答案**:D

解析:设小物块初速度为 v_0,斜面固定时,由动能定理得 $-mgh=0-\frac{1}{2}mv_0^2$,所以 $v_0=\sqrt{2gh}$;斜面不固定时,设最终小物块与斜面共同速度为 v,由水平方向动量守恒得 $mv_0=(M+m)v$,由机械能守恒得 $\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}(M+m)v^2+mgh'$,解得 $h'=\frac{M}{M+m}h$,选项 D 正确。

34. **答案**:A

解析:设铁块与木板共速时速度大小为 v,铁块相对木板向右运动的最大距离为 L,铁块与木板之间的摩擦力大小为 f。铁块压缩弹簧使弹簧最短时,由能量守恒可得 $\frac{1}{2}mv_0^2=fL+\frac{1}{2}(M+m)v^2+E_p$。由动量守恒,得 $mv_0=(M+m)v$。从铁块开始运动到最后停在木板左端过程,由能量关系得 $\frac{1}{2}mv_0^2=2fL+\frac{1}{2}(M+m)v^2$。联立解得 $E_p=3$ J,故选项 A 正确。

35. **答案**：D

解析：小球与小车组成的系统在水平方向所受合外力为零，水平方向系统动量守恒，但系统整体所受合外力不为零，系统动量不守恒，故 A 错误；系统水平方向动量守恒，以向右为正方向，在水平方向，由动量守恒定律得：$mv-mv'=0$，$m\frac{2R-x}{t}-m\frac{x}{t}=0$，解得小车的位移：$x=R$，故 B 错误；小球与小车组成的系统在水平方向动量守恒，小球由 B 点离开小车时系统水平方向动量为零，小球与小车水平方向速度为零，小球离开小车后做竖直上抛运动，故 C 错误；小球第一次在车中运动过程中，由动能定理得：$mg\left(h_0-\frac{3}{4}h_0\right)-W_f=0$，$W_f$ 为小球克服摩擦力做功的大小，解得：$W_f=\frac{1}{4}mgh_0$，即小球第一次在车中滚动损失的机械能为 $\frac{1}{4}mgh_0$，由于小球第二次在车中滚动时，对应位置处速度变小，因此小车给小球的弹力变小，摩擦力变小，摩擦力做功小于 $\frac{1}{4}mgh_0$，机械能损失小于 $\frac{1}{4}mgh_0$，因此小球再次离开小车时，能上升的高度大于 $\frac{3}{4}h_0-\frac{1}{4}h_0=\frac{1}{2}h_0$ 而小于 $\frac{3}{4}h_0$，故 D 正确。

专题十三　原子物理

[过关演练]

1. **答案**：ACD

解析：衍射和干涉是波特有的现象，选项 A、C 正确；光电效应体现光的粒子性，选项 E 错误；射线在云室中穿过，留下的径迹是粒子的轨迹，与波动性无关，选项 B 错误；电子显微镜利用了电子的波动性来观测物质的微观结构，选项 D 正确。

2. **答案**：B

解析：根据爱因斯坦光电效应方程 $E_k=h\nu-W_0=h\frac{c}{\lambda}-h\nu_0$，代入数据解得 $\nu_0\approx8\times10^{14}$ Hz，B 正确。

3. **答案**：BD

解析：图象中的 λ_0 是产生光电效应的最大波长，选项 A 错误；根据爱因斯坦光电效应方程，光电子的最大初动能 E_k 与入射光的波长的倒数 $\frac{1}{\lambda}$ 的关系图象对应的函数关系式为 $E_k=hc\frac{1}{\lambda}-W$，由图象可知 $E_k=0$ 时，$hc=E\lambda_0$，选项 B 正确；由 $E_k=hc\frac{1}{\lambda}-W$，并结合关系图象可得该金属的逸出功 $W=E$，选项 C 错误；若入射光的波长为 $\frac{\lambda_0}{3}$，由 $E_k=hc\frac{1}{\lambda}-W$，解得 $E_k=hc\frac{1}{\lambda}-W=3E-E=2E$，即产生的光电子的最大初动能为 $2E$，选项 D 正确。

4. **答案**：BC

解析：设该金属的逸出功为 W，根据爱因斯坦光电效应方程有 $E_k=h\nu-W$，同种金属的 W 不变，则逸出光电子的最大初动能随 ν 的增大而增大，B 项正确；又 $E_k=eU$，则最大初动能与遏止电压成正比，C 项正确；根据上述有 $eU=h\nu-W$，遏止电压 U 随 ν 增大而增大，A 项错误；又有 $h\nu-E_k=W$，W 相同，则 D 项错误。

5. **答案**：AC

解析：该装置所加的电压为反向电压，发现当电压表的示数大于或等于 0.7V 时，电流表示数为 0，可知光电子的最大初动能为 0.7eV，根据光电效应方程 $E_{k0}=h\nu-W_0$，得逸出功 $W_0=1.8$eV，故 A、C 正确；当开关 K 断开后，用光子能量为 2.5eV 的光照射到光电管上时发生了光电效应，有光电子逸出，则有电流流过电流表，故 B 错误；改用能量为 1.5eV 的光子照射，由于光电子的能量小于逸出功，不能发生光电效应，无光电流，D 错误。

6. **答案**：A

解析：H_α 的波长最长，频率最低，由跃迁规律可知，它对应的前后能级能量差最小，A 项正确；由频率越低的光的折射率越小知，B 项错误；由折射率 $\nu=\frac{c}{n}$ 可知，在同一介质中，H_α 的传播速度最大，C 项错误；当入射光频率大于金属的极限频率时可以使该金属发生光电效应现象，因 $\nu_{H\beta}<\nu_{H\gamma}$，所以 H_β 不一定能使该金属发生光电效应现象，D 项错误。

7. **答案**：B

解析：由 $\nu=kU$，又题目中提到元电荷 e 和普朗克常量 h，可联想到能量，即列出相关等式 $qU=h\nu$，进而比较 $\nu=kU$，得出 $k=\frac{q}{h}$，再结合题意可知，$k=\frac{2e}{h}$，故选项 B 对。

8. **答案**：D

解析：铂的极限波长为 λ_1，钾的极限波长为 λ_2，因为 $\lambda_1<\lambda<\lambda_2$. 由公式 $v=\frac{c}{\lambda}$，极限波长短的极限频率高。所以，当以波长 λ 的光入

射到两金属板内表面上时，只能使钾金属板发生光电效应。钾失去电子而成为电容器的正极板，光电子运动到铂金属板上后使铂金属板成为电容器的负极板。对光子，钾金属板和光电子应用光电效应方程得 $E_k=h\nu-W_2=h\frac{c}{\lambda}-h\frac{c}{\lambda_2}=hc\frac{\lambda_2-\lambda}{\lambda\lambda_2}$，式中 W_2 为钾金属的逸出功。

光电子不断从钾极板发出，又不断到达铂极板，使电容器带电荷量不断增加，电压也不断增大，这个电压是使光电子减速的反向电压。当某时刻，光电子恰好到达铂极板时其速度减为零，则电容器的电荷量达到最大值，$Q=CU$（这里的电压 U 相当于反向截止电压）。

由动能定理可以得到 $eU=E_k=hc\frac{\lambda_2-\lambda}{\lambda\lambda_2}$，

平行板电容器的电容 $C\propto\frac{\varepsilon S}{d}$，

$Q=CU\propto\frac{\varepsilon S}{d}\times\frac{hc}{e}\times\frac{\lambda_2-\lambda}{\lambda\lambda_2}\propto\frac{S}{d}\left(\frac{\lambda_2-\lambda}{\lambda\lambda_2}\right)$。因此 D 选项正确。

9. **答案**：B

解析：由题意易知 $\nu_0=\nu_3$，$h\nu_3=h\nu_2+h\nu_1$，故 B 正确。

10. **答案**：BC

解析：γ 射线是原子核通过衰变产生的高能电磁波，与核外电子无关，则选项 A 错误；根据 $E=h\nu=h\frac{c}{\lambda}$，可得可见光光子的能量范围为 1.63～3.09eV，由题图可知从 $n=4$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级，$E_4-E_2=2.55\text{eV}$，处在可见光光子的能量范围内，则选项 B 正确；从高能级向 $n=3$ 能级跃迁时辐射出光子的最大能量为 $\Delta E=1.51\text{eV}<1.63\text{eV}$，属于红外线，具有热效应，则选项 C 正确；传播速度越小，折射率越大，光子频率越大，能量越大，而从高能级向 $n=2$ 能级跃迁时辐射出光子的最大能量为 3.4eV，则选项 D 错误。

11. **答案**：AD

解析：存在两种可能，第一种 $n=2$ 到 $n=4$（多出来的谱线跃迁分别为 4→3、4→2、4→1、3→2、3→1），由于是电子轰击，所以电子的能量必须满足 $13.6\text{eV}-0.85\text{eV}<E<13.6\text{eV}-0.54\text{eV}$，故 D 选项正确；第二种可能是 $n=5$ 到 $n=6$（多出来的谱线跃迁分别为 6→5、6→4、6→3、6→2、6→1），电子能量必须满足 $13.6\text{eV}-0.38\text{eV}<E<13.6\text{eV}-0.28\text{eV}$，故 A 选项正确。

12. **答案**：CD

解析：本题考查玻尔理论、氢原子的能级跃迁等，意在考查考生对玻尔理论和能级跃迁知识的应用能力，根据氢原子的能级图和能级跃迁规律，当氢原子从 $n=2$ 能级跃迁到 $n=1$ 的能级时，辐射光的波长一定小于 656nm，因此 A 选项错误；根据发生跃迁只能吸收和辐射一定频率的光子，可知 B 选项错误，D 选项正确；一群处于 $n=3$ 能级上的氢原子向低能级跃迁时可以产生 3 种频率的光子，所以 C 选项正确。

13. **答案**：AC

解析：由题分析可知，电离后产生的电子动能在数值上与原子所处的激发态能级对应. 即 $E_K=1.323\text{MeV}$，$E_L=1.399\text{MeV}$，$E_M=1.412\text{MeV}$. 当发生能级跃迁时，释放的 X 射线的能量可能值为 $E_L-E_K=0.076\text{MeV}$，$E_M-E_L=0.013\text{MeV}$，$E_M-E_K=0.089\text{MeV}$，选项中 A、C 正确。

14. **答案**：C

解析：本题考查三种射线的电性及在电场力、洛伦兹力作用下的偏转情况，意在考查考生对三种射线的认知能力。γ 射线为电磁波，在电场、磁场中均不偏转，故②和⑤表示 γ 射线，A、B、D 项错；射线中的 α 粒子为氦的原子核，带正电，在匀强电场中，沿电场方向偏转，故③表示 α 射线，由左手定则可知在匀强磁场中 α 射线向左偏，故④表示 α 射线，C 项对。

15. **答案**：B

解析：正在生长的植物中 ^{14}C 的含量是稳定的，死亡后发生衰变，^{14}C 含量在降低。

剩余 ^{14}C 与原来 ^{14}C 的个数比：$\frac{N}{N_0}=\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$，$t$ 为死亡时间，T 为半衰期。

由题意：$\frac{N}{N_0}=\frac{1}{4}$ 所以：$\frac{1}{4}=\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$，$t=5\ 730\times2$ 年$=11\ 460$ 年。

16. **答案**：BC

解析：由题图可知，^4_2He 的比结合能为 7MeV，因此它的结合能为 $7\text{MeV}\times4=28\text{MeV}$，A 项错误；比结合能越大，表明原子核中核子结合得越牢固，原子核越稳定，结合题图可知 B 项正确；两个比结合能小的 ^2_1H 核结合成比结合能大的 ^4_2He 时，会释放能量，C 项正确；由题图可知，$^{235}_{92}U$ 的比结合能（即平均结合能）比 $^{89}_{36}Kr$ 的小，D 项错误。

17. **答案**:B

解析:静止的铀核在衰变过程中遵循动量守恒,由于系统的总动量为零,因此衰变后产生的钍核和 α 粒子的动量等大反向,即 $p_{Th}=p_{\alpha}$,B 项正确;因此有 $\sqrt{2m_{Th}E_{kTh}}=\sqrt{2m_{\alpha}E_{k\alpha}}$,由于钍核和 α 粒子的质量不等,因此衰变后钍核和 α 粒子的动能不等,A 项错误;半衰期是有半数铀核衰变所用的时间,并不是一个铀核衰变所用的时间,C 项错误;由于衰变过程释放能量,根据爱因斯坦质能方程可知,衰变过程有质量亏损,因此 D 项错误。

18. **答案**:BD

解析:比结合能越大,原子核越稳定,则选项 A 错误;$^{238}_{92}U$ 衰变为 $^{222}_{86}Rn$,质量数减少 16,电荷数减少 6,由于原子核经过一次 α 衰变,电荷数减少 2,质量数减少 4,经过一次 β 衰变,电荷数增加 1,质量数不变,所以经过了 4 次 α 衰变,2 次 β 衰变,则选项 B 正确;当线圈两端电势差最大时,电流变化率最大,此时电流为零,则选项 C 错误;在电子的单缝衍射实验中,狭缝越窄,屏上中央亮条纹越宽,即能更准确地测得电子的位置,根据不确定关系 $\Delta x\Delta p\geqslant\frac{h}{4\pi}$,可知电子动量的不确定量变得更大,则选项 D 正确。

19. **答案**:D

解析:α 粒子大角度散射现象说明原子中原子核很小,原子内部十分“空旷”,A 错误;发生全反射的条件之一是光由光密介质向光疏介质中传播,故光从空气射入水中,不可能发生全反射,B 错误;所有的核反应都遵循电荷数与质量数守恒,反应过程中,质量有亏损,C 错误;γ 射线是一种电磁波,且频率很高,波长很短,D 正确。

20. **答案**:D

解析:α 射线是高速运动的氦原子核,A 错;$^{1}_{0}n$ 是中子不是质子,B 错;从光电效应方程 $E_k=h\nu-W_{逸}$ 可知最大初动能和入射光的频率成一次函数关系而非正比例关系,所以 C 错;正确答案选 D。

21. **答案**:B

解析:根据核反应过程中质量数守恒及电荷数守恒可知,$^{14}_{7}N+^{4}_{2}He\rightarrow^{17}_{8}O+^{1}_{1}H$,A 项错误;$^{27}_{13}Al+^{4}_{2}He\rightarrow^{30}_{15}P+^{1}_{0}n$,B 项正确;$^{11}_{5}B+^{1}_{1}H\rightarrow^{8}_{4}Be+^{4}_{2}He$,C 项错误;$^{6}_{3}Li+^{1}_{1}H\rightarrow^{3}_{2}He+^{4}_{2}He$,D 项错误。

22. **答案**:C

解析:由核反应过程中的质量数和电荷数守恒可知 $^{2}_{1}H+^{2}_{1}H\rightarrow^{3}_{2}He+^{1}_{0}n$,则新粒子为中子 $^{1}_{0}n$,所以 A 错误;核反应过程中质量亏损,释放能量,亏损的质量转变为能量,仍然满足能量守恒定律,B 错误;由题意可知 $\Delta E=(2.014\ 1u\times2-3.016\ 0u-1.008\ 7u)\times931MeV/u\approx3.3MeV$,根据核反应中系统的能量守恒有 $E_{kHe}+E_{kn}=2E_0+\Delta E$,根据核反应中系统的动量守恒有 $p_{He}-p_n=0$,由 $E_k=\frac{p^2}{2m}$,可知 $\frac{E_{kHe}}{E_{kn}}=\frac{m_n}{m_{He}}$,解得 $E_{kHe}=\frac{m_n}{m_n+m_{He}}(2E_0+\Delta E)\approx1MeV$,$E_{kn}=\frac{m_{He}}{m_n+m_{He}}(2E_0+\Delta E)\approx3MeV$,所以 C 正确,D 错误。

23. **答案**:ABE

解析:核反应方程满足质量数守恒和电荷数守恒,A 项正确;微观粒子相互作用过程中,满足动量守恒定律,B 项正确;题述核反应过程属于“二合一”形式的完全非弹性碰撞,机械能有损失,但对于封闭的系统,能量仍然守恒,C 项错误;核反应过程中存在质量亏损现象,D 项错误;硅原子质量约是质子质量的 28 倍,由动量守恒定律知,$m_0v_0=28m_0v$,所以硅原子核速度数量级为 10^5 m/s,方向与质子初速度的方向一致,E 项正确。

24. **答案**:ABC

解析:比结合能越大,原子核越稳定,选项 D 错误;自由核子组成原子核时,其质量亏损所对应的能量等于该原子核的结合能,选项 E 错误。

25. **答案**:ABD

解析:根据核反应的质量数守恒与电荷守恒,选项 A 中核反应方程正确,A 正确;$^{238}_{92}U$ 核静止,根据动量守恒可知 α 粒子和 X 新核速度方向相反,又都带正电,则转动方向相同,选项 B 正确;根据动量守恒可知 α 粒子和 X 新核的动量 p 大小相等,由带电粒子在磁场中运动半径公式 $R=\frac{p}{qB}$ 可知轨道半径 R 与其所带电荷量成反比,半径之比为 45∶1,选项 C 错误,D 正确。

专题十四　热学

[**过关演练**]

1. **答案**:ABC

解析:根据气体分子单位速率间隔的分子数占总分子数的百分比随气体分子速率的变化曲线的意义可知,题图中两条曲线下面积相等,选项 A 正确;题图中虚线占百分比较大的分子速率较小,所以对应于氧气分子平均动能较小的情形,选项 B 正确;题图中实线占百分比较大的分子速率较大,分子平均动能较大,根据温度是分子平均动能的标志,可知实线对应于氧气分子在 100 ℃时的

情形，选项 C 正确；根据分子速率分布图可知，题图中曲线给出了任意速率区间的氧气分子数目占总分子数的百分比，不能得出任意速率区间的氧气分子数目，选项 D 错误；由分子速率分布图可知，与 0 ℃时相比，100 ℃时氧气分子速率出现在 0～400 m/s 区间内的分子数占总分子数的百分比较小，选项 E 错误。

2. **答案**：BDE

解析：实际气体的内能包括气体分子间相互作用的势能和分子热运动的动能，当气体体积变化时影响的是气体的分子势能，内能可能不变，所以 B、D、E 正确，A、C 错误。

3. **答案**：C

解析：在其他条件不变的情况下，温度越高，气体扩散得越快，故 A 错误；布朗运动是固体小颗粒的运动，不是液体分子的运动，故 B 错误；分子间同时存在着引力和斥力，故 C 正确；分子间的引力总是随着分子间距增大而减小，故 D 错误。

4. **答案**：BCE

解析：本题考查分子力、分子力做功和分子势能，意在考查考生对分子力、分子力做功与分子势能关系的掌握情况。在此过程中，分子力(合力)先增大，后减小，再增大，所以 A 选项错误；分子力先为引力，做正功，后为斥力，做负功，B 选项正确；根据动能定理可知分子动能先增大后减小，C 选项正确；根据分子力做功与分子势能的关系可知，分子势能先减小后增大，D 选项错误；根据能量守恒定律可知，分子动能和分子势能之和保持不变，E 选项正确。

5. **答案**：BCE

解析：本题考查布朗运动、液体的表面张力、液晶、沸点、蒸发等，意在考查考生对常见热学现象本质及热力学基本概念和规律的理解。悬浮在水中的花粉的布朗运动反映了水分子的热运动，A 项错误；空中的小雨滴呈球形是由于水的表面张力作用，使得小雨滴表面积最小而呈球形，B 项正确；彩色液晶中的染料分子利用液晶具有光学各向异性的特点，与液晶分子结合而定向排列，当液晶中电场强度不同时，染料分子对不同颜色的光吸收强度不同而显示各种颜色，C 项正确；高原地区水的沸点较低是由于高原地区大气压强较小，D 项错误；由于湿泡外纱布中的水蒸发吸热而使其显示的温度低于干泡显示的温度，E 项正确。

6. **答案**：B

解析：大气压是由大气重力产生的。大气压强 $p=\frac{mg}{S}=\frac{mg}{4\pi R^2}$，代入数据可得地球表面大气质量 $m\approx5.2\times10^{18}$ kg。标准状况下 1 mol气体的体积为 $V_{mol}=22.4\times10^{-3}$ m^3，故地球表面大气体积为 $V=\frac{m}{m_0}V_{mol}=\frac{5.2\times10^{18}}{29\times10^{-3}}\times22.4\times10^{-3}$ $m^3\approx4\times10^{18}$ m^3，B 对。

7. **答案**：D

解析：布朗运动是悬浮在液体中的固体小颗粒的无规则运动，而非分子的运动，故 A 项错误；既然运动是无规则的，所以微粒没有固定的运动轨迹，故 B 项错误；对于某个微粒而言在不同时刻的速度大小和方向均是不确定的，所以无法确定其在某一个时刻的速度，故也就无法描绘其速度—时间图线，故 C 项错误；只有 D 项正确。

8. **答案**：D

解析：从微观上看，压强取决于分子密度和分子运动的剧烈程度。A 选项中，分子密度的变化未知，而 B 选项中，分子运动剧烈程度的变化未知，故两种情况下都无法判断压强的变化。C 选项中，压缩气体，外界对气体做功，但不知气体的吸热与放热情况，由热力学第一定律知，其内能不一定增加。D 选项中，两分子作用力为零时，其距离为 r_0，当其距离 $r>r_0$ 时，分子力表现为引力，当其距离 $r<r_0$ 时，分子力表现为斥力，当分子 a 从远处向固定的分子 b 运动时，先做加速运动，后做减速运动，当其作用力为零时，即 $r=r_0$ 时，其速度最大，动能一定最大，D 选项正确。

9. **答案**：C

解析：一定质量的气体，在单位时间内与器壁单位面积的碰撞次数，取决于分子密度和分子运动的剧烈程度，即与体积和温度有关，故 A、B 错；压强不变，说明气体分子对器壁单位面积上的撞击力不变，若温度改变，则气体分子平均动能必改变，要保持撞击力不变，则碰撞次数必改变，同理可判断，N 也必定变化，故 C 对、D 错。

10. **答案**：BCD

解析：一定量的理想气体从 a 到 b 的过程，由理想气体状态方程 $\frac{p_aV_a}{T_a}=\frac{p_aV_b}{T_b}$ 可知，$T_b>T_a$，即气体的温度一直升高，选项 A 错误；根据理想气体的内能只与温度有关，可知气体的内能一直增加，选项 B 正确；由于从 a 到 b 的过程中气体的体积增大，所以气体一直对外做功，选项 C 正确；根据热力学第一定律，从 a 到 b 的过程中，气体一直从外界吸热，选项 D 正确；气体吸收的热量一部分增加内能，一部分对外做功，选项 E 错误。

11. **答案**：ABD

解析：抽开隔板，气体自发扩散过程中，气体对外界不做功，与外界没有热交换，因此气体的内能不变，A 项正确，C 项错误；气体

在被压缩的过程中，外界对气体做正功，D项正确；由于气体与外界没有热交换，根据热力学第一定律可知，气体在被压缩的过程中内能增大，因此气体的温度升高，气体分子的平均动能增大，B项正确，E项错误。

12. **答案**：ABD

解析：ab 过程，气体压强增大，体积不变，则温度升高，内能增加，A项正确；ab 过程发生等容变化，气体对外界不做功，C项错误；一定质量的理想气体的内能仅由温度决定，bc 过程发生等温变化，内能不变，bc 过程，气体体积增大，气体对外界做正功，根据热力学第一定律可知气体从外界吸热，D项正确；ca 过程发生等压变化，气体体积减小，外界对气体做正功，B项正确；ca 过程，气体温度降低，内能减小，外界对气体做正功，根据热力学第一定律可知气体向外界放热，E项错误。

13. **答案**：BC

解析：由题图可知，从 A 到 B 气体的体积减小，外界对气体做功，A项错误；从 A 到 B 过程气体的温度不变，内能不变，根据热力学第一定律可知，气体放出热量，B项正确；由理想气体状态方程 $\frac{pV}{T}=C, V=\frac{C}{p}T$，可知，从 B 到 C 气体发生的是等压变化，气体的温度在降低，内能在减少，C项正确，D项错误。

14. **答案**：ADE

解析：本题考查了理想气体状态方程、热力学第一定律、压强的微观解释等知识点，意在考查考生的逻辑分析能力。过程 ab，理想气体等容变化，温度升高，理想气体的内能增大，气体一定吸热，选项A正确；过程 bc，理想气体等温变化，压强减小，容器壁单位面积单位时间内受到分子撞击的次数减少，选项E正确；而体积变大，气体对外做功，气体一定吸热，选项B错误；过程 ca，理想气体的压强不变，温度降低，内能减小，体积减小，外界对气体做功，气体对外放出的热量大于外界对气体做的功，选项C错误；根据上述三过程可知，在 a、b、c 三个状态中，状态 a 的温度最低，根据温度是分子平均动能的标志，其分子的平均动能最小，选项D正确。

15. **答案**：D

解析：本题主要考查热力学第一定律和分子动理论，意在考查考生对物理规律的理解能力和联系实际的能力。以胎内气体作为研究对象，由于气体温度升高，内能增大，体积增大，胎内气体对外做功，所以D项正确。

16. **答案**：AC

解析：由于两种状态下压强相等，所以在单位时间单位面积里气体分子对活塞的总冲量肯定相等，C正确，B错误；由于 b 状态的温度比 a 状态的温度要高，所以分子的平均动量大，因为总冲量保持不变，所以 b 状态单位时间内撞击活塞的分子数肯定比 a 状态要少，A正确；从 a 态到 b 态，温度升高，气体的内能增加，体积增大，气体对外界做功，同时气体从外界吸收了热量，D错误。

17. **答案**：AC

解析：挤压充气袋，气体的体积减小，充气袋中气体的压强增大，外界对气体做正功，气体对外界做负功，由于袋内气体与外界没有热交换，根据热力学第一定律可知，气体内能增大，A、C项正确，B、D项错误。

18. **答案**：ABE

解析：本题考查气体的特性、热力学第一定律及其相关知识，意在考查考生对相关知识的掌握情况。由于气体分子之间的作用力很小，气体分子可以自由运动，所以气体的体积指的是气体的分子所能够到达的空间的体积，而不是该气体所有分子的体积之和，选项A正确；根据温度是分子平均动能的标志可知，只要能减弱气体分子热运动的剧烈程度，气体的温度就可以降低，选项B正确；根据气体压强的产生原因可知，在完全失重的情况下，气体的压强不为零，选项C错误；气体从外界吸收热量，若同时对外做功，其内能不一定增加，选项D错误；气体在等压膨胀过程中，体积增大，温度一定升高，选项E正确。

19. **答案**：B

解析：压缩气体时，外界对气体做正功，气体内能增加，温度升高，体积变小，压强增大，所以只有B正确。

20. **答案**：A

解析：本题考查热力学第一定律，考查考生对绝热压缩过程中功能关系的分析。由于筒内气体不与外界发生热交换，因此只有做功改变物体的内能，在 M 向下滑动的过程中，外界压缩气体对气体做功，根据热力学第一定律可知，气体的内能增大，A正确。

21. **答案**：A

解析：本题考查气体的内能、热力学第一定律，意在考查考生的理解能力、分析综合能力。对气体做功800 J，同时气体放出热量200 J，由热力学第一定律得 $\Delta U=W+Q=800\ \text{J}-200\ \text{J}=600\ \text{J}$，即气体温度升高，内能增加600 J，故A正确。

22. **答案**：C

解析：气体分子永不停息做无规则运动，故A错；自由膨胀后，气体对外做功 $W=0$，容器绝热，其热传递能量 $Q=0$，由热力学第一定律可知，其内能不变，气体温度不变，但由于膨胀体积增大，故压强减小，所以B错，C对；涉及热现象的宏观过程都具有方向性，故D错。

23. **答案**:ACD

解析:将环境的温度升高,使气体升温,可以认为大气压强不变,根据气体状态方程,气体体积增大,将水银从左侧压向右侧,增大了 h。将大气压强增大,液体可以传递压强,导致封闭气体压强增大,所以体积减小,h 减小。沿管壁向右管内加水银后,封闭气体压强增大,体积减小,但高度差增大。当 U 形玻璃管自由下落时,完全失重,两侧气体压强一定相等,所以气体压强减小,体积增大,高度差增大。所以 A、C、D 正确,B 错误。

24. **答案**:ACD

解析:封闭气体的压强等于大气压与水银柱产生压强之和,故左管内外水银面高度差也为 h,A 对;弯管上下移动,封闭气体温度和压强不变,体积不变,B 错,C 对;环境温度升高,封闭气体体积增大,则右管内的水银柱沿管壁上升,D 对。

25. **答案**:C

解析:薄金属筒可以传导热量,水温均匀且恒定,因此在缓慢下降过程中,筒内温度保持不变,由于不考虑气体分子间的相互作用,因而内能不变;体积减小,外界对空气做功,根据 $\Delta E=Q+W$ 可推知,气体必须对外界放热。故选 C。

26. **答案**:D

解析:打开阀门 K 后,P 中气体进入 Q 中,由于 Q 内为真空,气体体积增大时并没有对外做功,又因为系统没有热交换,由热力学第一定律可知,其内能不变,但由于气体体积变大,故其压强变小。

27. **答案**:BC

解析:由热力学第二定律知,热量不能自发地从低温物体传到高温物体,除非施加外部的影响和帮助。电冰箱把热量从低温的内部传到高温的外部,需要压缩机的帮助并消耗电能。故答案为 B、C。

28. **答案**:B

解析:由 $\frac{pV}{T}$ 为恒量,图象与坐标轴围成的面积表示 pV 乘积,从实线与虚线(等温线)比较可得出,该面积先减小后增大,说明温度 T 先减小后增大,内能先减小后增大。

29. **答案**:D

解析:第二类永动机并不违反能量守恒定律,跟热现象有关的宏观过程均具有方向性。做功和热传递是改变物体的内能的两种方式,做功是内能和其他形式的能之间的转化,热传递是内能之间的转移。故答案为 D。

30. **答案**:C

解析:本题主要考查常见的热学现象,意在考查考生对热学知识的识记和理解能力。根据热力学第二定律可知,热机的效率不可能达到 100%,A 错误;做功是通过能量转化改变系统内能的,而热传递是通过内能的转移改变系统内能的,B 错误;根据热力学定律可知,温度相同是达到热平衡的标准,C 正确;单个分子的运动是无规则的,但大量分子的运动具有统计规律,D 错误。

专题十五　机械振动　机械波

[过关演练]

1. **答案**:AB

解析:本题考查简谐振动和自由落体运动,意在考查考生对简谐振动的理解。由 $y=0.1\sin(2.5\pi t)$ m 知,小球的振幅 $A=0.1$ m,$\omega=2.5\pi$ rad/s,所以振动周期 $T=\frac{2\pi}{\omega}=0.8$ s,选项 B 正确;$t=0.6$ s 时,小球下落的高度 $H=\frac{1}{2}gt^2=1.8$ m,此时物块在负最大位移处,所以 $h=H-A=1.7$ m,选项 A 正确;0.6 s 内物块的路程是 0.3 m,选项 C 错误;0.4 s 时物块经过平衡位置向下振动,与小球运动方向相同,选项 D 错误。

2. **答案**:A

解析:由简谐运动中加速度与位移的关系 $a=\frac{-kx}{m}$ 可知,在 $\frac{T}{4}$ 时刻,加速度正向最大,则位移负向最大,故选项 A 正确。

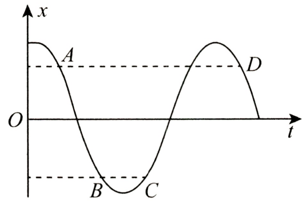
3. **答案**:D

解析:由图可得 $\lambda_A=\frac{4}{3}a$,$\lambda_B=\frac{2}{3}a$,则 $\frac{\lambda_A}{\lambda_B}=\frac{2}{1}$。经 $t=T_A$ 时间,两图中波形再次如图所示,故可知 $T_A=(n+1)T_B(n=0,1,2,\cdots)$,据 $v_A=\frac{\lambda_A}{T_A}$,$v_B=\frac{\lambda_B}{T_B}$ 则有 $\frac{v_A}{v_B}=\frac{2}{n+1}(n=0,1,2,\cdots)$,故 A、B、C 选项符合题意。

4. **答案**:C

解析:此题若用图象来解决将更直观、方便。设弹簧振子的振动图象如图所示。B、C 两点的位移大小相等、方向相同,但 B、C 两

点的时间间隔 $\Delta t \neq T$，A 错误；B、C 两点的速度大小相等、方向相反，但 $\Delta t \neq \frac{T}{2}$，B 错误；$A$、$D$ 两点间的位移大小和方向均相等，又是相邻周期的两点，所以 A、D 两点的时间间隔 $\Delta t = T$，A、D 两点的位移大小和方向均相等，所以 A、D 两点的加速度一定相等，C 正确；A、C 两点的时间间隔 $\Delta t = \frac{T}{2}$，A 点与 C 点位移大小相等、方向相反，在 A 点弹簧是伸长的，在 C 点弹簧是压缩的，所以在 A、C 两点弹簧的形变量大小相同，而弹簧的长度不相等，D 错误。

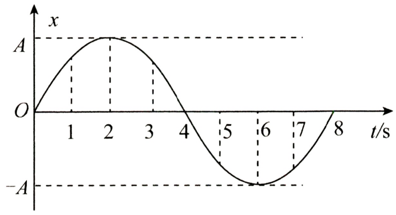


5. **答案**：A

解析：本题考查地震波有关的知识，本题为中等难度题目。由于纵波的传播速度快些，所以纵波先到达地震仪处，所以 P 先开始振动。设地震仪距震源的距离为 x，则有 $\frac{x}{4\ \text{km/s}} - \frac{x}{9\ \text{km/s}} = 5\ \text{s}$，解得：$x = 36\ \text{km}$。

6. **答案**：AD

解析：由关系式可知 $\omega = \frac{\pi}{4}\ \text{rad/s}$，$T = \frac{2\pi}{\omega} = 8\ \text{s}$，将 $t = 1\ \text{s}$ 和 $t = 3\ \text{s}$ 代入关系式中求得两时刻位移相同，A 对；画出对应的位移—时间图象，由图象可以看出，第 1 s 末和第 3 s 末的速度方向不同，B 错；仍由图象可知，3 s 末至 5 s 末质点位移先为正，后为负，速度方向一直为负，故 C 错，D 对。



7. **答案**：AB

解析：本题考查波的传播、波速、波长等，意在考查考生对这些知识的理解和综合应用能力。由于以波源开始振动为计时起点，因此波传到 A 点需要的时间由题图可以看出为 3 s，已知 O、A 两点平衡位置的距离为 0.9 m，根据 $v = \frac{x}{t}$ 可求得波的传播速度为 0.3 m/s，再根据波长公式 $\lambda = vT$ 可求得波长为 1.2 m，因此选项 A 正确，选项 C 错误；由于 A 点开始振动的方向沿着 y 轴正方向，因此波源的起振方向也是沿着 y 轴正方向，故选项 B 正确；质点 A 在 $t = 4\ \text{s}$ 时处在最大位移处，因此动能最小，所以选项 D 错误。

8. **答案**：A

解析：由题意和波的图象可知，质点 P 向 y 轴负方向运动，说明波沿 x 轴负方向传播，波长 $\lambda = 24\ \text{m}$，由图乙可知周期 $T = 0.4\ \text{s}$，所以波速为 $v = \frac{\lambda}{T} = 60\ \text{m/s}$，故选项 A 正确。

9. **答案**：ACE

解析：本题考查了机械波和机械振动、波动图象和振动图象间的联系，意在考查考生的逻辑分析能力，根据图象可知：该波的波长 $\lambda = 2\ \text{m}$，周期 $T = 4\ \text{s}$，故波速 $v = \frac{\lambda}{T} = 0.5\ \text{m/s}$，选项 A 正确；从图(b)中可知：$x = 1.5\ \text{m}$ 处的质点在 $t = 2\ \text{s}$ 时，其在平衡位置向 y 轴负方向运动，在图(a)中，沿波的传播方向，“下坡向上，上坡向下”，故该波的传播方向向左，选项 B 错误；0～2 s，P 运动的路程 $s = \frac{t}{T} \cdot 4A = 8\ \text{cm}$，选项 C 正确；0～2 s，$P$ 从正向最大位移处运动到负向最大位移处，即沿 y 轴负向运动，选项 D 错误；当 $t = 7\ \text{s}$ 时，P 点从图示($t = 2\ \text{s}$)经历了 5 s，即 $\frac{5}{4}T$，到达平衡位置，选项 E 正确。

10. **答案**：D

解析：根据题图 1 所示的波动图象，由于波沿 x 轴正方向传播，$t = 0$ 时刻 a 点速度为零，b 点速度最大，即 $t = 0$ 时刻质点 a 的速度比质点 b 的速度小，选项 A 错误；由于 $t = 0$ 时刻质点 a 位移最大，所受回复力最大，加速度最大，质点 b 处于平衡位置，位移为零，回复力为零，加速度为零，所以 $t = 0$ 时刻质点 a 的加速度比质点 b 的大，选项 B 错误；根据图 1 所示的波动图象，由于波沿 x 轴正方向传播，$t = 0$ 时刻，质点 a 从正的最大位移处向下运动，质点 b 从平衡位置向下运动，所以图 2 可以表示质点 b 的振动，选项 C 错误，D 正确。

11. **答案**：C

解析：由图 2 结合图 1 可知该质点 x 坐标值可能是 1.5 m 和 2.5 m，而简谐横波沿 x 轴正向传播，由图 1 可得向下振动的质点为 x 坐标值为 2.5 m 的质点，故 C 正确。

12. **答案**:D

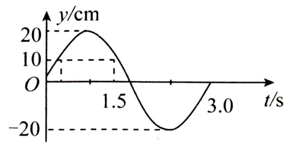
解析:由 c 质点比 a 质点起振晚 0.5 s,知道波动周期 $T=1$ s;在振动图象上确定 1.25 s 时刻的位置,是 t 轴上第二个平衡位置和第二个最大位移之间,由此可判断该质点的运动状态是处于正向位移,向上振动,根据"上坡下,下坡上",知质点应该位于"正向位移,上坡位置",选项 D 正确。

13. **答案**:D

解析:从题图中直接可以看出振幅为 0.5 m,A、C 错误;从题图可看出波长 $\lambda=4$ m,波速 $v=\frac{x}{t}=\frac{6}{0.6}$ m/s$=10$ m/s,得频率为 2.5 Hz,B 错误,D 正确。

14. **答案**:C

解析:从游船经过平衡位置开始计时,游船一个周期内的振动图象如图所示,



由题意可知,当游船的位移在 10~20 cm 之间时,游客能舒服地登船,而游船位移在 10~20 cm 之间所持续的时间 $t=\frac{T}{2}\times\frac{2}{3}$,将 $t=3$ s 代入得 $t=1$ s,选项 C 正确。

15. **答案**:B

解析:a、b 互为反相质点,则间距为 $\left(n+\frac{1}{2}\right)\lambda$,$\lambda$ 的可能值有 24 m、8 m、4.8 m 等;对 a 质点,0.5 s 的振动时间可表示为 $\left(n+\frac{1}{2}\right)T$,则 T 的可能值有 1 s、$\frac{1}{3}$ s 等;0.5 s 内 a 点的振动(在波峰)有可能恰好传递到 b 质点(在波峰),所以波速 $v=\frac{l}{\Delta t}=\frac{12}{0.5}$ m/s$=24$ m/s 是可能的。正确答案为 B。

16. **答案**:C

解析:机械波的频率由波源决定,而波速由介质决定。同一种波,无论频率多少,在同一种介质中的速度是相同的,由于频率不同,机械波的波长不同。从图中可以看出,介质Ⅰ中的波长为介质Ⅱ中波长的 2 倍,而波速 $v=\frac{\lambda}{T}=\lambda f$,两列波是同一波源产生的,频率相同,所以波速之比为 $v_1=2v_2$,所以 C 正确。

17. **答案**:B

解析:由题意,P、Q 两点之间的距离为 $\frac{\lambda}{2}+n\lambda$(m),$n=0,1,2,\cdots$,故 $n=0$ 时,$\lambda=0.30$ m,$n=1$ 时,$\lambda=0.10$ m,选项 B 正确,其余选项错误。

18. **答案**:D

解析:从图中可得:$\lambda_A=2s$,$\lambda_B=\lambda_C=s$,$\lambda_D=\frac{2}{3}s$,周期分别为 $T_A=\frac{2s}{v}$,$T_B=T_C=\frac{s}{v}$,$T_D=\frac{2s}{3v}$,所以有 $t_A=\frac{3}{4}T_A=\frac{3s}{4v}$,$t_B=\frac{1}{4}T_B=\frac{s}{4v}$,$t_C=\frac{3}{4}T_C=\frac{3s}{4v}$,$t_D=\frac{1}{4}T_D=\frac{s}{6v}$,所以 D 项正确,A、B、C 项错误。

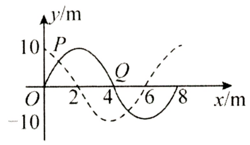
19. **答案**:D

解析:根据 P、Q 振动图象,若 P、Q 传播的时间差 $\Delta t=\frac{1}{4}T+nT$,则 $\frac{1}{4}\lambda+n\lambda=3$ m,故 $\lambda=\frac{12}{4n+1}$ m$(n=0,1,2,\cdots)$。由此确定,当 $n=1$ 时,A 正确。当 $n=2$ 时,B 正确。若 P、Q 传播的时间差 $\Delta t=\frac{3}{4}T+nT$,则 $\frac{3}{4}\lambda+n\lambda=3$ m,$\lambda=\frac{12}{4n+3}$ m,由此确定当 $n=3$ 时,C 正确,只有 D 不可能。

20. **答案**:AB

解析:A 选项,由乙图象看出,$t=0.15$ s 时,质点 Q 位于负方向的最大位移处,而简谐运动的加速度大小与位移成正比,方向与位移方向相反,所以加速度为正向最大值,A 正确;B 选项中,由乙图象看出,简谐运动的周期为 $T=0.20$ s,$t=0.10$ s 时,质点 Q 的速度方向沿 y 轴负方向,由甲图可以看出,波的传播方向应该沿 x 轴负方向,因甲图是 $t=0.10$ s 的波形,所以 $t=0.15$ s 时,经历了 $0.05\text{s}=\frac{T}{4}$ 的时间,图甲的波形向 x 轴负方向平移了 $\frac{\pi}{4}=2$ m 的距离,如图所示,因波向 x 轴负方向传播,则此时 P 点的运动

方向沿 y 轴负方向，B 正确；C 选项中，从 0.10 s 到 0.25 s 经历了 $\frac{3}{4}$ 个周期波向左传播了 6 m，C 错误；D 选项中，由图甲可以看出，由于 $t=0.10$ s 时刻质点 P 不处于平衡位置，故从 $t=0.10$ s 到 $t=0.25$ s 质点 P 通过的路程不为 30 cm，D 错误。



21. **答案**：D

解析：本题考查机械波和机械振动的综合问题，意在考查考生的理解能力、推理能力、分析综合能力。从两时刻的波形图可以看出，在 $\Delta t=0.6$ s 时间内，波传播的距离 $\Delta x=\frac{3}{4}\lambda=6$ m，故传播时间 $\Delta t=\frac{3T}{4}=0.6$ s，周期 $T=0.8$ s，A 项错误；同时可求波速为 10 m/s；$t=0$ 时刻 P 点向 y 轴负方向振动，经过 $\Delta t=0.9\ \text{s}=1\frac{1}{8}T$，$P$ 点正向 y 轴负方向振动，B 项错误；经过 $t=0.4$ s，即半个周期，P 点经过的路程为 $2A=0.4$ m，C 项错误；经过 $t=0.5$ s，波向 x 轴负向平移 $\Delta x=vt=5$ m，可知 Q 点处于波峰，D 项正确。

22. **答案**：ACD

解析：由波形图可知波长 $\lambda=40$ m，$0.6\ \text{s}=nT+\frac{3}{4}T(n=0,1,2\cdots)$，$T=\frac{2.4}{4n+3}\ \text{s}(n=0,1,2,\cdots)$，当 $n=0$ 时，$T=0.8$ s，$v=\frac{\lambda}{T}=50$ m/s，故 A 选项正确；质点 a 在平衡位置上下振动，振动的最少时间为 $\frac{3}{4}T$，故路程最小为 $3A$，即 30cm 故 B 错误；$n=1$ 时，质点 c 恰好振动 $\left(0.6-\frac{2.4}{7}\times\frac{1}{4}\right)\text{s}=\frac{3.6}{7}\ \text{s}=1\frac{1}{2}T$，$s=\frac{3}{2}\times 4A=60$ cm，故 C 选项正确；当 $T=0.8$ s 时，画出 $t+0.5$ s 时刻的波形图可以判断 D 选项正确；若 $T=0.8$ s，$\omega=\frac{2\pi}{T}=2.5\pi$ rad/s，当 $t+0.4$ s 时刻开始计时，$v=50$ m/s，经 0.4 s 波向前传播 20 m，作图得质点 c 的振动方程为 $y=0.1\cos\left(\frac{5\pi}{2}t\right)$(m)，E 选项错误。

23. **答案**：AB

解析：根据题图可知，波长 $\lambda=4$ m，则周期 $T=\frac{\lambda}{v}=1$ s，选项 A 正确；波沿 x 轴正方向传播，则 $x=0$ 处的质点在 $t=0$ 时向 y 轴负方向运动，选项 B 正确；$x=0$ 处的质点经过 $\frac{1}{4}$ s$\left(\frac{T}{4}\right)$到达平衡位置下方但没有达到负方向最大位移处，因而选项 C、D 均错。

24. **答案**：BCE

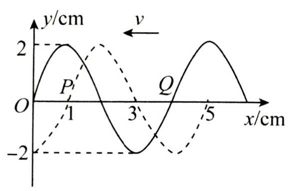
解析：由图象可知简谐横波的波长为 $\lambda=4$ m，A 项错误；波沿 x 轴正向传播，$t=0.5\ \text{s}=\frac{3}{4}T$，可得周期 $T=\frac{2}{3}$ s，$f=\frac{1}{T}=1.5$ Hz，波速 $v=\frac{\lambda}{T}=6$ m/s，B、C 项正确；$t=0$ 时刻，$x=1$ m 处的质点在波峰，经过 $1\ \text{s}=\frac{3}{2}T$，一定在波谷，D 项错误；$t=0$ 时刻，$x=2$ m 处的质点在平衡位置，经过 $2\ \text{s}=3T$，质点一定经过平衡位置，E 项正确。

25. **答案**：ACE

解析：水面波是机械波，选项 A 正确。根据第 1 个波峰到第 10 个波峰通过身下的时间间隔为 15 s 可知，该水面波的周期为 $T=\frac{15}{9}\ \text{s}=\frac{5}{3}$ s，频率为 $f=\frac{1}{T}=0.6$ Hz，选项 B 错误。该水面波的波长为 $\lambda=vT=1.8\times\frac{5}{3}$ m$=3$ m，选项 C 正确。水面波没有将该同学推向岸边，是因为波传播时介质中的质点只在平衡位置附近振动，不随波迁移，但能量会传递出去，选项 D 错误，E 正确。

26. **答案**：B

解析：本题考查波的传播规律，意在考查考生对波的规律的理解及应用能力。当 Q 点在 $t=0$ 时的振动状态传播到 P 点时，波形图如图中虚线所示。此时，1 cm$<x<$3 cm 范围内的质点分布在波峰两侧，两侧质点振动方向相反，A 错误；同一时刻，Q 处质点到达波谷位置，加速度方向沿 y 轴正方向，B 正确，C 错误；因为波的传播过程中，质点不随波迁移，D 错误。



27. **答案**:CD

解析:由波形图可知,波长为 $\lambda=4$ m,波动周期为 $T=\frac{\lambda}{v}=0.1$ s。根据题图,$t=0$ 时刻,质点 M 向上运动,在 $t=\frac{1}{40}$ s$=\frac{T}{4}$ 时,质点 M 对平衡位置的位移为正值,其速度方向沿 y 轴负方向,与位移方向相反,选项 A、B 错误;质点 M 的加速度方向向下,沿 y 轴负方向,与速度方向相同,选项 C 正确;质点 M 的加速度方向与对平衡位置的位移方向相反,选项 D 正确。

28. **答案**:ACD

解析:本题考查简谐波的知识,意在考查考生对简谐运动的分析能力。因为 a 开始时向下运动,经过 $t=3$ s 恰好第一次到达最高点,所以波的周期为 $T=4$ s,波长 $\lambda=vT=8$ m。在 $t=6$ s 时波向前传播的距离为 $s=vt=12$ m,即恰好传到 d 点,A 正确;当 $t=5$ s 时,波向前传播了 10 m,作出波形图可知 c 恰好处于平衡位置,B 错误;b 振动的周期即为波的周期,所以 C 正确;在 4 s$<t<$6 s 的时间内质点 c 从最低点运动到最高点,D 正确;因为 b 与 d 相距 $\frac{5}{4}\lambda$,所以 d 向下运动时,质点 b 不一定向上运动,所以 E 错误。

29. **答案**:D

解析:根据题意应用平移法可知 $\frac{3}{4}T=0.6$ s,解得 $T=0.8$ s,A 错;由图可知振幅 $A=0.2$ m、波长 $\lambda=8$ m。$t=0.9$ s$=1\frac{1}{8}T$,此时 P 点沿 y 轴负方向运动,B 错;0.4 s$=\frac{1}{2}T$,运动路程为 $2A=0.4$ m,C 错;$t=0.5$ s$=\frac{5}{8}T=\frac{1}{2}T+\frac{1}{8}T$,波形图中 Q 正在向下振动,从平衡位置向下振动了 $\frac{1}{8}T$,经 $\frac{1}{8}T$ 到波谷,再过 $\frac{1}{2}T$ 到波峰,D 对。

30. **答案**:C

解析:从图上可以看出,该波不是标准正弦波,波长为 $3d$,B、C 两点间距不是相差半个波长,所以速度可能大小相等,也可能不相等,所以 A、B 选项错误;若波向左传播,则波传播的距离为 $k\cdot 3d+2.5d$,其中 k 是自然数,为该波向左传播的可能整数波的个数。时间可能为 $\Delta t=kT+\frac{5}{6}T$,当 $k=1$ 时,有 $T=\frac{6}{11}\Delta t$,D 错误;如果波向右传播,时间可能为 $\Delta t=kT+\frac{1}{6}T$,当 $k=1$ 时,$T=\frac{6}{7}\Delta t$,所以 C 正确。

31. **答案**:BC

解析:两列波发生干涉的条件是:频率相同,相差恒定。从图上可知 $\lambda_1=2\lambda_2$,则 $2f_1=f_2$,这两列波不是相干波,故不能产生干涉现象。

两列机械波在相遇区域发生叠加,这是波的基本现象之一。其结果是:任何一个质点的总位移,都等于这两列波引起的位移的矢量和。所以 B、C 选项正确。

由于频率不同,叠加情况会发生变化。如 C 处此时两波峰相遇,但经 $\frac{T_1}{2}$,S_2 在 C 处是波谷,S_1 则不是,故 C 处不能始终加强,D 错。

32. **答案**:BDE

解析:该时刻位于 O 处的质点正处于波谷与波谷的相遇点,非平衡位置,选项 A 错误;P、N 两处的质点处于波峰和波谷的相遇点,二者运动的步调始终相反,合位移为 0,选项 B 正确;质点并不随波迁移,选项 C 错误;从该时刻起,经过四分之一周期,两列波在 M 点的振动均达到平衡位置,合位移为零,选项 D 正确;O、M 连线的中点是振动加强区的点,其振幅为 $2A$,选项 E 正确。

33. **答案**:AB

解析:由 $y-t$ 图象知,周期 $T=0.2$ s,且在 $t=0.1$ s 时 Q 点在平衡位置沿 y 负方向运动,可以推断波沿 x 负方向传播,所以 C 错;从 $t=0.10$ s 到 $t=0.15$ s 时,$\Delta t=0.05\text{s}=\frac{T}{4}$,质点 Q 从图甲所示的位置振动 $\frac{T}{4}$ 到达负最大位移处,又加速度方向与位移方向相反,大小与位移的大小成正比,所以此时 Q 的加速度达到正向最大,而 P 点从图甲所示位置运动 $\frac{T}{4}$ 时正在由正向最大位移处向平衡位置运动的途中,速度沿 y 轴负方向,所以 A、B 都对;

振动的质点在 $t=1T$ 内,质点运动的路程为 $4A$;$t=\frac{T}{2}$,质点运动的路程为 $2A$;但 $t=\frac{T}{4}$,质点运动的路程不一定是 $1A$;$t=\frac{3T}{4}$,质点运动的路程也不一定是 $3A$。本题中从 $t=0.10$ s 到 $t=0.25$ s 内,$\Delta t=0.15\text{s}=\frac{3T}{4}$,$P$ 点的起始位置既不是平衡位置,也不是最大位移处,所以在 $\frac{3T}{4}$ 时间内的路程不是 30 cm。

34. **答案**:BC

解析:超声波的波速由介质决定,是不变的,选项 A 错误,选项 B 正确;根据多普勒效应的原理,频率变高,选项 C 正确,选项 D 错误。

35. **答案**:BD

解析:本题考查波的现象,意在考查考生对概念的理解。纵波没有偏振现象,A 错误;白光是由各种色光组成的,B 正确;声波传播时,介质中的质点只能在平衡位置附近振动,不随波的传播而迁移,所以振动速度不是波的传播速度,C 错误;因为地震波中的纵波波速大于横波波速,所以地震时纵波到达一段时间后横波才能到达,因此可用于横波的预警,D 正确。

专题十六　光学　电磁波　相对论

[过关演练]

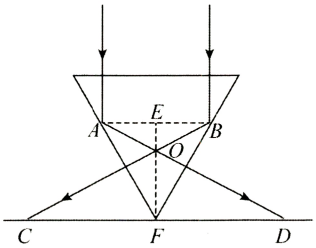
1. **答案**:B

解析:本题考查平面镜成像规律,意在考查考生借助光路图分析问题的能力。根据对称性作出示意图,注意二次成像,三次成像,找到左镜中第三个像到物体的距离为 32 m,B 项正确。

2. **答案**:C

解析:越靠近地面空气密度越小,其折射率越小,光从折射率小的空气层射向折射率大的空气层发生折射,经折射后又发生全反射所致。

3. **答案**:C



解析:如图所示,两边缘光线分别射到 A、B 时,入射角大于临界角,发生全反射,而后由几何关系得到第二次到达界面的时候分别垂直界面射出。O 点为 AB 与圆锥顶点所形成三角形的重心,竖直虚线为三角形的高,则由几何关系得到:$\frac{CD}{AB}=\frac{OF}{OE}=\frac{OB}{OB\sin 30°}=2$,解得光斑半径为光束半径的 2 倍是 $2r$。答案选 C。

4. **答案**:BD

解析:棱镜材料的折射率 $n=\sqrt{2}$,光的临界角是 45°。当光入射到 ab 面时,$i=60°$,因此发生全反射,即光从 ab 面没有射出。在 ac 面上入射角为 30°,有折射光线射出。最后在 bc 面上垂直射出。故在 ac 面和 bc 面都有光线射出,正确的是 B、D。

5. **答案**:D

解析:光从光密介质(水)进入光疏介质(空气),当入射角小于临界角时,不会发生全反射现象,只要在没有发生全发射现象的区域,从上面或是侧面都有光射出,射出的光进入人眼,人就能看见小球,故 A 项错误;由于光从光密介质(水)进入光疏介质(空气),当入射角大于或等于临界角时,会发生全反射现象,即小球所发的光就不能从水面任何区域射出,故 B 项错误;由于光从一种介质进入另一种介质时,光的频率不会发生改变,则小球所发的光从水中进入空气后频率不变,故 C 项错误;根据 $n=\frac{c}{v}$ 可得 $v=\frac{c}{n}$,又由于水对光的折射率大于空气对光的折射率,则小球所发的光从水中进入空气后传播速度要变大,故 D 项正确。

6. **答案**:C

解析:小虎同学观看月全食时看到的整个月亮是暗红色的,这是由于太阳光中的红光经地球的大气层折射到月球而形成的,则 C 项正确;其他选项错误。

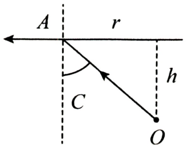
7. **答案**:AC

解析:在 E 点作出法线可知入射角为 60°,折射角为 30°,折射率为 $\sqrt{3}$,A 对;由光路的可逆性可知,在 BC 边上的入射角小于临界角,不会发生全反射,B 错;由公式 $\lambda_{介}=\frac{\lambda_{空气}}{n}$,可知 C 对;三棱镜两次折射使得光线都向底边偏折,不会与入射到 E 点的光束平行,故 D 错。

8. **答案**:B

解析:从光线的出射方向可以看出,a 光垂直下框射出,b 光线垂直上框射出,只有 B 图能满足上述情况。

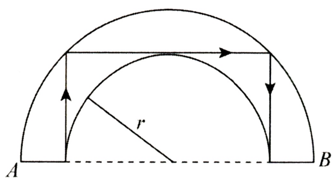
9. **答案**:A



解析:岸上的人看到水面被光照亮是因为光线从水面射出后进入人的眼睛。光线在水面上发生了折射。如图所示,设光线 OA 在界面上恰好发生全反射,则 $\sin C=\frac{1}{n}$,由几何关系可知:$\tan C=\frac{r}{h}$,所以 $r=h\tan\left(\arcsin\frac{1}{n}\right)$,故其直径 $d=2r=2h\tan\left(\arcsin\frac{1}{n}\right)$。

10. **答案**:AB

解析:只经过两次全反射可知第一次入射角为45°,反射光路图如图所示。根据全反射可知临界角$C\leqslant 45°$,再根据$n=\frac{1}{\sin C}$可知$n\geqslant\sqrt{2}$;光在透明柱体中运动路程为$L=4r$,运动时间为$t=\frac{L}{v}=\frac{4nr}{c}$,则$t\geqslant\frac{4\sqrt{2}r}{c}$,C、D均错。



11. **答案**:B

解析:根据题述该材料的折射率$n=-1$,由折射定律可知,入射角和折射角相等,且处于法线的同侧,所以正确反映电磁波穿过该材料的传播路径的示意图是图B。

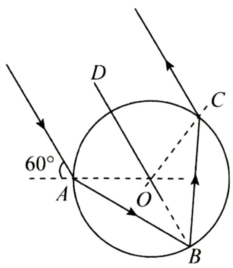
12. **答案**:C

解析:本题考查光的全反射现象和白光色散现象,意在考查考生应用光的全反射和色散知识分析判断实际现象的能力。入射点由A点向B点缓慢移动的过程中,同一介质对各色光的折射率不同,各色光对应的全反射的临界角也不同,七色光中紫光的折射率最大,由$\sin C=\frac{1}{n}$可知,紫光的临界角最小,所以最先发生全反射的是紫光;折射光减弱,则反射光增强,故C正确。

13. **答案**:D

解析:如果b的像是b',则ab的像为ab'。根据视深公式$l=\frac{l_0}{n}$可知,由于水对红光的折射率比对紫光的折射率小,故$l_2<l_1<l_0$。

14. **答案**:C



解析:

如图所示为光线在玻璃球内的光路图。A、C为折射点,B为反射点,作OD平行于入射光线,故$\angle AOD=\angle COD=60°$,所以$\angle OAB=30°$,玻璃的折射率$n=\frac{\sin 60°}{\sin 30°}=\sqrt{3}$。

15. **答案**:AD

解析:当θ较小时,屏上NQ区域有两个光斑,这是两种单色光折射后折射程度不同的结果,当$\theta=\alpha$时NQ区域A光消失,说明A光发生了全反射,A光发生全反射的临界角为α,同理,B光发生全反射的临界角为β,由于$\beta>\alpha$,由$n=\frac{1}{\sin C}$可知,B光的折射率小,A项正确;由$v=\frac{c}{n}$可知,B光在半圆形玻璃砖中传播速度较大,B项错误;$\alpha<\theta<\beta$时,NQ区域只有一个光斑,而由于光的反射,在NP区域还有一个光斑,$\beta<\theta<\frac{\pi}{2}$时,两种单色光全部发生全反射,在$NQ$区域没有光斑,在$NP$区域有一个由全反射形成的光斑,D项正确。

16. **答案**:C

解析:由题图可知,a光的偏折程度大,玻璃对a光的折射率大,a光的频率高,由$v=\frac{c}{n}$可知,在同种玻璃中a光的传播速度小于b光,A项错误;以相同的角度斜射到同一玻璃板透过平行表面后,由于a光的折射率大,因此a光的侧移量大,B项错误;分别照射同一光电管,由于a光的频率高,如果b光能引起光电效应,a光也一定能,C项正确;由$\sin C=\frac{1}{n}$可知,光从水中射入空气,a光发生全反射的临界角小于b光发生全反射的临界角,如果只有一种光发生全反射,这种光一定是a光,射入空气的一定是b光,D项错误。

17. **答案**:D

解析:从光路图上看,在入射角相等的情况下,a光的折射角较大,所以b光折射率大于a光折射率,$n_b>n_a$,根据$\sin C=\frac{1}{n}$,a光的全反射临界角大,增大入射角i,在第二折射面上则两光的入射角减小,但肯定都小于两者的临界角,因此它们不会发生全反射,A错误;$\lambda_a=\frac{\lambda_{a0}}{n_a}$,$\lambda_b=\frac{\lambda_{b0}}{n_b}$,因为$\lambda_{a0}>\lambda_{b0}$、$n_b>n_a$,所以$\lambda_a>\lambda_b$,B错误;光波属于电磁波,电磁波都是横波,都能发生偏振现象,C错误;遏止电压U_c满足$eU_c=h\nu-h\nu_0$,入射光的频率越低,遏止电压越低,a光折射率较低,则频率较低,对应的遏止电压也低,D正确。

18. **答案**:B

解析:设含有瓦斯的气体的折射率为n,则光在B中的波长$\lambda_n=\frac{\lambda}{n}$,如果屏的正中央是亮纹,则$\frac{nd}{\lambda}-\frac{d}{\lambda}=N$,$N$为整数,说明B中

的气体与 A 中的空气成分可能相同，即 $N=0(n=1)$，也可能不同，即 N 为非零整数，A 错；如果屏上干涉条纹不停地移动，n 变，说明 B 中的气体瓦斯含量不稳定，C 错；如果屏的正中央是暗纹，则 $n\neq1$，说明 B 中的气体与 A 中的空气成分不相同，可能含有瓦斯，B 对；复色光若满足条件亦可发生干涉，D 错。

19. **答案**：A

解析：根据干涉条纹的间距的公式 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$ 可知，由于紫光的波长比红光的波长短，所以改为红光后条纹间距一定增大，A 正确；紫光的临界角比红光的临界角小，所以紫光发生全反射时红光不一定发生全反射，B 错误；由于紫光的频率大于红光的频率，所以紫光的能量比红光的能量大，紫光发生光电效应红光不一定发生光电效应，C 错误；拍摄玻璃橱窗内的物品时，往往在镜头前加装一个偏振片是为了防止玻璃的反光，所以 D 错误。

20. **答案**：ABD

解析：根据光的现象，只要光的振动方向不与偏振片的狭逢垂直，光都能通过偏振片。太阳光包含垂直传播方向向各个方向振动的光，当太阳光照射 P 时能在 P 的另一侧观察到偏振光，A 正确；沿竖直方向振动的光能通过偏振片，沿与竖直方向成 45°角振动的光也能通过偏振片，B 与 D 正确；沿水平方向振动的光不能通过偏振片，C 错误。

21. **答案**：AD

解析：为使拍摄的水面下景物更清晰，可利用偏振现象在照相机镜头前加一偏振片，减少反射光的影响，选项 A 正确；用三棱镜观察白光看到的彩色图样是利用光的折射现象，选项 B 错误；在光导纤维束内传送图象是利用光的全反射现象，选项 C 错误；光学镜头上的增透膜是利用光的干涉现象，选项 D 正确。

22. **答案**：AD

解析：本题为光的衍射现象在工业生产中的实际应用，考查光的衍射现象，若障碍物的尺寸与光的波长相比差不多或更小，衍射现象较明显。通过观察屏上条纹的变化情况，从而监测抽制的丝的情况，故选 A、D。

23. **答案**：C

解析：由于大气层对光的折射，光线在传播中会发生弯曲，由光路的可逆性可知，视线与激光束会发生相同的弯曲，所以 C 项正确。

24. **答案**：D

解析：A 图是稳定的电场，不能产生磁场；B、C 图是均匀变化的电场，产生恒定不变的磁场，也不能形成电磁波；D 图是按正弦函数规律周期性变化的电场，会产生同频率的周期性变化的磁场，能形成电磁场，向外发射电磁波。

25. **答案**：C

解析：天线发出的两种无线电波各自与另一天线发出的同一波长的电波发生干涉，故两种无线电波没关系，A 项错误；两种无线电波传播的速度（光速）相同，由 $c=\lambda\nu$ 知，波长不同，则频率不同，故两种无线电波不会发生干涉，B 项错误；两种无线电波各自发生干涉，因此在空间的强弱分布稳定，天线连线的中垂线上都是加强点，故 C 项正确，D 项错误。

26. **答案**：B

解析：由麦克斯韦电磁场理论可知，磁感应强度随时间均匀增大时，将产生一个恒定的感应电场，由楞次定律可知，此电场方向与小球初速度方向相同，由于小球带正电，电场力对小球做正功，小球的速度逐渐增大，向心力也随着增大，故 A 选项错误，B 选项正确；洛伦兹力对运动电荷不做功，C 选项错误；带电小球所受洛伦兹力 $F=qBv$，随着速度的增大而增大，同时 B 与 t 成正比，则 F 与 t 不成正比，故 D 选项错误。

27. **答案**：BD

解析：紫外线有杀菌消毒的作用，红外线的主要效应是热效应，且红外线的波长长，易衍射，穿透云雾烟尘的能力强。

28. **答案**：A

解析：在电磁波中，无线电波是振荡电路产生的；红外线、可见光、紫外线是原子外层电子受激发产生的；伦琴射线是原子内层电子受激发产生的；γ 射线是原子核受激发后产生的！从无线电波到 γ 射线，频率逐渐增大，波长逐渐减小，而波长越长，越容易发生衍射现象，因此，紫光比紫外线更容易发生衍射现象，无线电波最容易发生衍射现象。

29. **答案**：C

解析：由狭义相对论的知识可知，(1)的叙述是正确的；由狭义相对论的时空观可知，(2)的叙述是正确的；根据动钟变慢可知，(3)的叙述是正确的。正确选项为 C。

30. **答案**：D

解析：相对论的基本概念是：当你被关在一个封闭的房子中时，你绝对无法知道房子是否在做匀速运动。当房子突然停止运动时，在其中的人是能够感知这一点的；当房子突然开始运动时，其内部的人也能有感觉；当房子旋转时，关在其内部的人也能说出它在转动。但如果房子是在做匀速直线运动，即没有任何加速度，则在其内部的人就无法知道房子是否在移动。即使房子有一个窗户，你从窗户向外看，看见某些东西在朝你移动，但你仍说不出是你的房子在向这些东西移动，还是这些东西在向你的房子移动。

获取更多初高中教辅电子书资源，咨询微信：13352881947